

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Konstrukční návrh přesypu na kolesovém rypadle
Structural Design of Transfer Point on the Bucket Excavators

Student:
Vedoucí diplomové práce:

Bc. Luděk Chlebný
prof. Ing. Horst Gondek, DrSc.

Ostrava 2014

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Luděk Chlebný**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství

Specializace: 10 Stroje pro těžbu a zpracování užitkových surovin

Téma: **Konstrukční návrh přesypu na kolesovém rýpadle**
Structural Design Transfer Point on the Bucket Excavators

Zásady pro vypracování:

- 1) Rešerše řešení přesypů na kolesových rýpadlech
- 2) Konstrukční návrh dopadového místa na velkstroji
- 3) Základní výpočet
- 4) Konstrukční návrh uchycení impaktní tyče na konstrukci dopravníku
- 5) Základní výpočet uchycení impaktní tyče
- 6) Detailní výkres držáku impaktní tyče.

Seznam doporučené odborné literatury:

- 1)BOLEK, A. a kol. *Části strojů 1.Svazek 6*. Vydání SNTL Praha. 1989,707 s., ISBN 80-03-00426-7
- 2)ZAJAC, O.- BOROŠKA, J.- GONDEK, H. *Hlbinné dobývacie stroje a dopravné zariadenia*. Vydavatel. ALFA, Bratislava. 1991.428 s. ISBN-80-05-00713-2
- 3)ANTONIAK, J. *Przenosniki taśmowe*. Vydavatelstvo politechniki slaskiej Gliwice. 2004, 388 s. ISBN 83-7335 – 266- X
- 4)ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997.36 s.
- 5)ČSN ISO 690 *Bibliografické citace*. Obsah, forma a struktura. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Horst Gondek, DrSc.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě19.5.2014.....

.....Luděk Chládek.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- было́ сже́днано, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- было́ сже́днано, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: . 19.5.2014



podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Luděk Chlebný

Adresa trvalého pobytu autora práce:

SUNN 680, Bílina 418 01

Anotace diplomové práce

CHLEBNÝ, Luděk. *Konstrukční návrh přesypu na kolesovém rypadle : diplomová práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2014. 69 s. Vedoucí práce: Gondek, H.

Cílem diplomové práce je konstrukční návrh přesypu na kolesovém rypadle KU 300. V úvodu je přehled řešení přesypů na kolesových rypadlech používaných v hnědouhelných dolech. Následují informace o konstrukci jednotlivých částí impaktní dopadové stolice, které jsou použity pro vlastní konstrukční návrh. Byly provedeny základní výpočty zatížení a provedena simulace tohoto zatížení na dopadovou stolicí v programu Autodesk Inventor 2014 s použitím metody konečných prvků. Na základě výsledků pevnostní kontroly jsem provedl úpravu některých částí dopadové stolice a opětovnou kontrolou ověřil, zda je celá dopadová stolice vyhovující pro uvažované použití. Na přiloženém výkresu je detailní výkres závěsu impaktní dopadové stolice.

Klíčová slova: kolesové rypadlo, pásový dopravník, přesyp, dopadové místo

Annotation of master thesis

CHLEBNÝ, Luděk. *Structural Design of Transfer Point on the Bucket Excavators : master thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2014. 69 s. Thesis head: Gondek, H.

The aim of this thesis is a structural design of transfer point on the bucket excavator KU 300. In the introduction there is an overview of transfer points on the bucket excavators in brown coal mines. Information about design of individual parts impact bars which are used for own design follows. Basic calculations and a simulation load of an impact bars have been performed in Autodesk Inventor 2014 using the finite element method. On the results of the strength check, I made the correction of some parts of the impact bars. Re-check shows that the entire impact bars are suitable for the intended use. On the attached drawing there is detailed design to ensure of the suspension impact bars.

Key words: bucket wheel excavator, belt conveyor, transfer point, impact site

Obsah

Obsah	6
Seznam použitých značek a symbolů	8
1 Úvod	9
2 Doprava materiálu na kolesových velkstrojích	10
2.1 Princip pásových dopravníků	10
3 Přehled řešení přesypových míst na kolesových rypadlech	11
3.1 Přesypové místo	11
3.1.1 Štít	11
3.1.2 Násypka	12
3.1.3 Dopadové místo	13
3.2 Kolesové rypadlo KU 800	13
3.3 Kolesové rypadlo K 10 000	17
3.4 Kolesové rypadlo KK 1300	19
3.5 Kolesové rypadlo K 2000	21
3.6 Kolesové rypadlo SchRs 1550	23
3.7 Kolesové rypadlo SchRs 1320	25
3.8 Kolesové rypadlo KU 300	28
3.9 Kolesové rypadlo K 650	30
4 Konstrukční návrh dopadového místa na velkstroji	32
4.1 Stávající provedení dopadového místa na nakládacím pásu rypadla KU 300	32
4.2 Impaktní stolice	33
4.3 Části impaktní dopadové stolice	34
4.3.1 Impaktní tyč	34
4.3.2 Nosná tyč impaktní tyče	35
4.3.3 Nosič impaktních tyčí	36
4.4 Sestava impaktního dopadu	38
5 Základní výpočet	39
5.1 Pádová energie	39
5.2 Rázová síla	41

5.3	Statická síla	44
6	Konstrukční návrh uchycení impaktní tyče na konstrukci dopravníku	45
6.1	Způsob uchycení impaktní dopadové stolice na dopravníku	46
6.2	Závěs impaktní stolice	47
6.3	Konstrukce dopravníku	48
7	Základní výpočet uchycení impaktní tyče	49
7.1	Zatížení uchycení	49
7.2	Působíště zatěžovací síly	49
7.3	Parametry pro pevnostní kontrolu	50
7.4	Základní výsledky pevnostní kontroly	52
7.5	Grafické zobrazení výsledků pevnostní analýzy	52
7.5.1	Celkový pohled - napětí	53
7.5.2	Celkový pohled - deformace	53
7.6	Grafické zobrazení výsledků pevnostní analýzy pro nejvíce namáhané části	54
7.6.1	Nosné tyče	54
7.6.2	Nosič impaktních tyčí	55
7.6.3	Závěs dopadové stolice	56
7.7	Vyhodnocení pevnostní kontroly	57
7.7.1	Mez únavy	58
7.7.2	Určení součinitele bezpečnosti	58
7.7.3	Vyhodnocení výsledků	60
8	Návrh úprav impaktní dopadové stolice	61
8.1	Nosné tyče	61
8.2	Ostatní části	62
9	Závěr	63
	Seznam použité literatury	65
	Seznam obrázků	66
	Seznam použitých programů	68
	Seznam příloh	68

Seznam použitých značek a symbolů

[illegible]

1 Úvod

Doprava jako taková je všeobecně důležitým prvkem v průmyslu. Při výrobě, zpracování či distribuci, ve všech případech je nutná doprava surovin, materiálů nebo koncových produktů. Na dopravě závisí mnoho oborů průmyslu, energetiky, hutnictví, stavebnictví, výroby a dalších. Jedním z oborů, kde doprava nabývá velkého významu, je těžební průmysl. Při těžbě nerostných surovin je potřeba velké množství vytěžených hmot přepravit k dalšímu zpracování nebo uložení. Pro volbu typu dopravy je nutné individuálně posoudit, který typ dopravy je nejlépe vyhovující pro požadovaný způsob dopravy. Každá z mnoha možných variant dopravy má své výhody ale i nevýhody, proto je třeba již při plánování porovnat výhodnost každé varianty a na základě těchto zjištění teprve vybrat druh dopravy. Nejlepší varianta dopravy je taková, která co nejhospodárněji zajistí přepravu uvažovaného materiálu v požadovaném množství, v určeném čase a na místa cílového určení. Pro přepravu těžných hmot v povrchovém lomu je převážně využíváno pásových dopravníků, které jsou výhodné pro možnost kontinuální dopravy, a to i na velké vzdálenosti [1].

Hlavním cílem této diplomové práce je provést konstrukční návrh přesypu na kolesovém rypadle v provedení dopadového místa s impaktními tyčemi.

2 Doprava materiálu na kolesových velkostrojích

Na dobývacích kolesových velkostrojích je v převážné většině pro dopravu materiálu využíváno pásových dopravníků. Tyto jsou vhodné pro přepravu sypkých a kusovitých materiálů, zajišťují plynulost dopravy a umožňují přepravu velkého množství materiálu. Pásové dopravníky jsou, až na speciálně provedené konstrukce, určeny pro dopravu v přímém směru, a umožňují překonávat převýšení. Změna směru toku materiálu je prováděna řazením jednotlivých dopravníků za sebou, kdy následující dopravník je natočen proti předchozímu dopravníku o potřebný úhel. Rozdíl (natočení) os jednotlivých navazujících dopravníků může být v některých případech větší než 90°. Přední část kolesových rypadel (kolesový výložník) se proti ostatním částem rypadel při těžbě otáčí a tím mění svojí polohu k ostatním "pevným" částem rypadla. Vhodným uspořádáním pásových dopravníků je zajištěno předávání materiálu z kolesového výložníku na další části dopravních cest na rypadle, stává se tak na středním přesypu.

2.1 Princip pásových dopravníků

Pásový dopravník je dopravní zařízení, jehož unášecím prostředkem je nekonečný dopravní pás obíhající mezi poháněcím a vratným bubnem, a je doplněný dalšími konstrukčními prvky, potřebnými pro provoz dopravníku. Pásové dopravníky bývají jednoduché svou konstrukcí, tedy snadno přístupné pro opravy a běžnou údržbu. Na horní větev pásu, který jde od vratného bubnu směrem k poháněcímu bubnu, je nasypáván přepravovaný materiál. Materiál je dopravním pásem unášen, a následně je vysypáván na další dopravník. Zpravidla je materiál nakládán na začátku dopravního pásu za vratným bubnem, kde je pro tento účel vytvořeno dopadové místo. Zde dochází k větším rázům od dopadajícího materiálu, a jsou zde tedy jako podpěrné válečky nasazeny odolnější dopadové válečky. Po trase dopravníku je dopravní pás s přepravovaným materiálem podepíráno válečky. Po vysypání materiálu se dopravní pás obrací přes poháněcí buben a prázdný je unášen k vratnému bubnu a je podepírán dalšími válečky. Protože je tato část dopravního pásu bez materiálu, rozteč těchto váleček bývá několikanásobně větší, než je tomu u vedení pásu s materiálem.

Jistou nevýhodou dopravníků je velký počet rotujících částí a s tím spojená údržba zařízení, a problémy s abrazivními a lepivými materiály.

3 Přehled řešení přesypových míst na kolesových rypadlech

Společnost Severočeské doly a.s. provozuje ve svých dvou lokalitách několik různých typů kolesových rypadel. Pro těžbu skrývky jsou využívána rypadla typu KU 800, K 10 000, K 2000, SchRs 1320, SchRs 1550, KK 1300. Pro těžbu uhlí jsou využívána kolesová rypadla KU 300, K 650, která jsou v některých případech použita i pro těžbu skrývky.

3.1 Přesypové místo

Přesypovým místem se rozumí souhrn částí zařízení pásových dopravníků, které zajišťují překládání dopravovaného materiálu z jednoho dopravníku na následující. Úkolem přesypového místa je zajistit vhodné usměrnění materiálu při jeho předávání na následující dopravník a také ztlumit energii při dopadu materiálu a zajistit jeho uklidnění. Materiál by měl být nasypáván v nejlepším případě co nejbližší k ose pásového dopravníku. Sypaní mimo osu může být příčinou nerovnoměrného chodu dopravníku (vybočování dopravního pásu), které může způsobit jeho poškození. Usměrnění přepravovaného materiálu zajišťují štít a násypka. Dopad materiálu a jeho uklidnění na dalším dopravníku je zajištěn konstrukcí dopadového místa.

3.1.1 Štít

Dpravovaný materiál je unášen dopravním pásem a pohybuje se vpřed určitou rychlostí, kterou se pohybuje dopravní pás. Na místě kde dopravník končí, se materiál dál pohybuje udělenou rychlostí vpřed, a přechází v parabolický let a následně v pád. V této fázi pohybu materiálu je před tento materiál umístěn štít, který koriguje směr jeho dalšího pohybu podle konstrukčního uspořádání navazujícího dopravníku.

Štít může mít různý tvar, podle provedení celého přesypového místa. V nejjednodušším případě může být tvořen rovnou deskou, ale zpravidla má oblý tvar, například ve tvaru paraboly. Štít tvoří pevná ocelová konstrukce a části, které přicházejí do kontaktu s těženým materiálem, jsou vyloženy výměnnými otěrovými lištami. Při provozu dochází v závislosti na druhu materiálu k poměrně velkému opotřebení těchto otěrových lišt, zejména při přepravě abrazivního materiálu, takže konstrukce štítu umožňuje jejich snadnou výměnu.



Obr. 1 - KU 800, štít předávacího pásu [foto: autor]

Pokud jsou navazující pásové dopravníky ve stejném směru v jedné ose (nebo s minimálním odklonem), usměrnění materiálu nemusí zajišťovat štít, ale stačí jen prodloužené bočnice, aby nedocházelo k vysypávání mimo dopravník. Zpravidla se jedná o navazující přední a zadní pás u kolesových rypadel s výsuvným kolesovým výložníkem.

3.1.2 Násypka

Násypka je umístěna na pásovém dopravníku v prostoru, kde dochází k nakládání materiálu. Konstrukce násypky soustřeďuje dopadající materiál do střední části dopravního pásu a svým provedením zabraňuje vysypávání materiálu mimo dopravní pás. Je tvořena deskami z tvarovaných a vyztužených ocelových plechů, a je upevněna na konstrukci pásového dopravníku. Vhodným umístěním násypky musí být zajištěno, aby nedocházelo ke vzájemnému kontaktu dopravního pásu s konstrukcí násypky, které by mohlo vést k jeho poškození. Spodní hrana násypky bývá pro větší bezpečnost olemována tyčí s kruhovým průřezem, která se v případě poškození vymění.

Do spodní části násypky se nasazují otěrové gumové lišty, které zajišťují utěsnění násypky a zabraňují tak k propadávání drobnějších částí materiálu nebo odsypávání

sympkých materiálů mimo dopravní pás. Pro snížení opotřebení částí násypky, na které přímo dopadá materiál, se na tyto části montují plenty z gumových pásů. Tyto plenty také snižují riziko nalepování a v zimním období též přimrznutí materiálu, který obsahuje velké množství vody.

3.1.3 Dopadové místo

Dopadové místo je tvořeno dopadovými válečky buď samostatnými, nebo spojenými do girland, v závislosti na konstrukčním provedení. Jeho úkolem je zajistit utlumení energie dopadajícího materiálu a jeho následné uklidnění na dopravním pásu. Při dopadu zejména kusovitého materiálu dochází k velkým nárazům na dopravní pás a dopadové válečky. V některých případech může dojít k poškození krycích vrstev dopravního pásma, nebo dokonce k jeho proražení. Konstrukčním provedením dopadového místa je snahou tato rizika co nejvíce eliminovat.

3.2 Kolesové rypadlo KU 800

V provozu jsou celkem čtyři kolesová rypadla tohoto typu. S teoretickým výkonem $5\,500\text{ m}^3/\text{h}$ jsou určena pro zařazení do technologických celků řady TC 2. Dopravní linka na velkostroji je tvořena čtyřmi pásovými dopravníky s šířkou dopravního pásu $2\,000\text{ mm}$ [2].

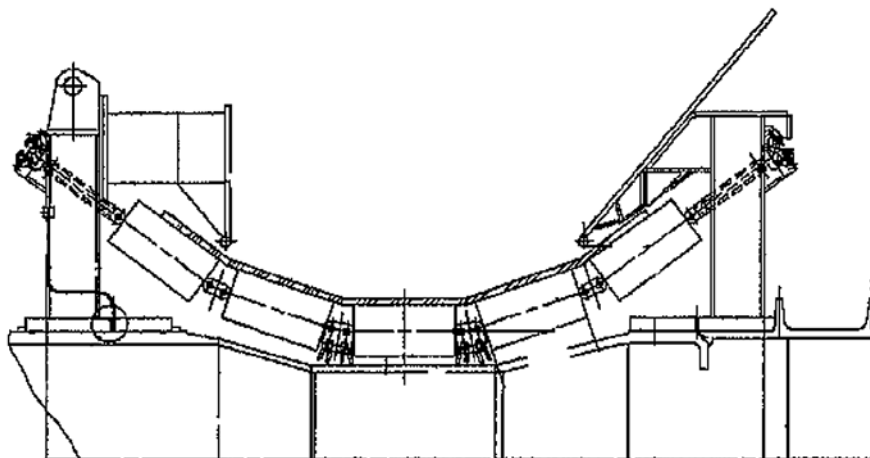
Přední pás

První z dopravníků na velkostroji je přední pás, a je jedním ze dvou dopravníků, které se nachází na otočném kolesovém výložníku. Na tento dopravník se nakládá materiál přímo z hlavního dobývacího orgánu kolesových rypadel, tedy z kola. Dopadové místo je umístěno pod skluzem kola a je tvořeno celkem sedmi kusy pětiválečkových dopadových girland.

Příklad použitých válečků:

- Dopadová girlandová stolice GSU, 3-23384-18604 (Tranza a.s.), která je složena z pěti hladkých válečků 190x380/6310. Jedná se o válečky s průměrem 190 mm a délkou 380 mm .

Tyto dopadové girlandy jsou na svých koncích zavěšeny na girlandových lanech, které zajišťují tlumení pádové energie při dopadu nakládaného materiálu na dopravní pás. Nevýhodou tohoto řešení je, že na girlandovém laně není zajištěno přesné umístění závěsu dopadové girlandy a tedy v případě jejího nepřesného umístění na jedné straně (vzájemně posunutá závěsy jedné girlandy) může tato girlanda způsobovat vybočování dopravního pásu. Ke stejnému jevu dochází i v případě, že dojde za provozu k částečnému uvolnění závěsu, které může vést k samovolnému posunutí závěsu na girlandových lanech.



Obr. 2 - Řez dopadovým místem na předním pásu KU 800

Odlišné zavěšení dopadových girland na předním páse je na velkostrojích KU 800 / 20. Girlandy jsou zavěšeny na konstrukci předního pásu, která je pro tento účel přizpůsobená. Tlumení rázů od dopadajícího materiálu je zajištěno uložení závěsu přes pružné členy, kterým mohou být pružiny nebo gumové podložky (silentblok).

Aby se zabránilo zvětšování mezer mezi jednotlivými dopadovými girlandami a tím velkému průhybu dopravního pásu pod dopadajícím materiálem, jsou jednotlivé girlandy mezi sebou spojeny. Toto spojení má zajistit, aby nedošlo vlivem rázů od materiálu k nadměrnému vychýlení celé girlandy z původního umístění. Toto spojení je zajištěno ocelovými lankami, řetězy nebo gumovými pásy.

K usměrnění materiálu při vysypání na zadní pás slouží protažené nastavitelné bočnice, které zabraňují sypání mimo dopravní pás. Protože konstrukce kolesového výložníku neumožňuje, aby přední a zadní pás byly v jedné ose, v závislosti na vysunutí kolesového výložníku se pozice těchto bočnic mění, a je třeba jejich pozici kontrolovat a případně upravit.



Obr. 3 - KU 800, přesyp z předního pásu na zadní pás [foto: autor]

Zadní pás

Z předního pásu dochází k vysypání materiálu na zadní pás. U velkostroje typu KU 800 je přední kolesový výložník konstruován jako výsuvný, takže k nasypávání přepravovaného materiálu nedochází v jednom místě. Pozice vysypacího místa předního pásu se vůči zadnímu pásu mění v závislosti na vysunutí kolesového výložníku. Konstrukce zadního pásu musí tedy umožnit nakládání materiálu na dopravní pás v celém rozsahu výsuvu kolesového výložníku, který je 15,8 m. Horní větev dopravníku zadního pásu je osazena 32 ks pětiválečkových girland, které tak tvoří dopadové místo po celé jeho délce.

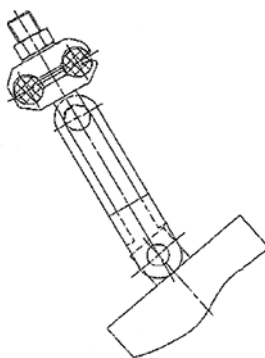
Příklad použitých válečků:

- Dopadová girlandová stolice GSU, 3-23384-18614 (Tranza a.s.), která je složena z pěti hladkých válečků 190x380/6310. Jedná se o válečky s průměrem 190 mm a délkou 380 mm.

Předávací pás

Přesyp ze zadního na předávací pás se nachází ve středu horní stavby kolesového rypadla, a tedy v ose, okolo které dochází k otáčení kolesového výložníku. Na tomto místě navazuje otočná část dopravních cest na část, která za provozu nemění svoji polohu. Těžený a přepravovaný materiál je zde vysypáván z otočného kolesového výložníku na předávací pás. Aby bylo zajištěno nakládání materiálu do středu předávacího pásu v jakékoliv vzájemné poloze dopravníků, je materiál usměrňován pevně umístěným štítem. Proti nalepování materiálu se v některých případech ještě doplňuje obložení štítu z gumových pásů. Dále materiál dopadá do násypky.

Dopadové místo je tvořeno pěti pětiválečkovými girlandami, které jsou na svých koncích zavěšeny na zdvojených girlandových lanech. Středové válečky jsou navzájem spojeny lanky nebo řetězy.



Obr. 4 - Detail závěsu dopadové girlandy na předávacím pásu

Příklad použitých válečků:

- Girlandová stolice dopadová, 3-23384-18606/00 (Tranza a.s.), která je složena ze tří hladkých válečků 190x380/6310 umístěných ve středu a dvou krajních válečků 190x500/6310. Jedná se o válečky s průměrem 190 mm, délkou 380 mm, a 500 mm.

Vysypání materiálu na další dopravník usměrňuje parabolický štít.

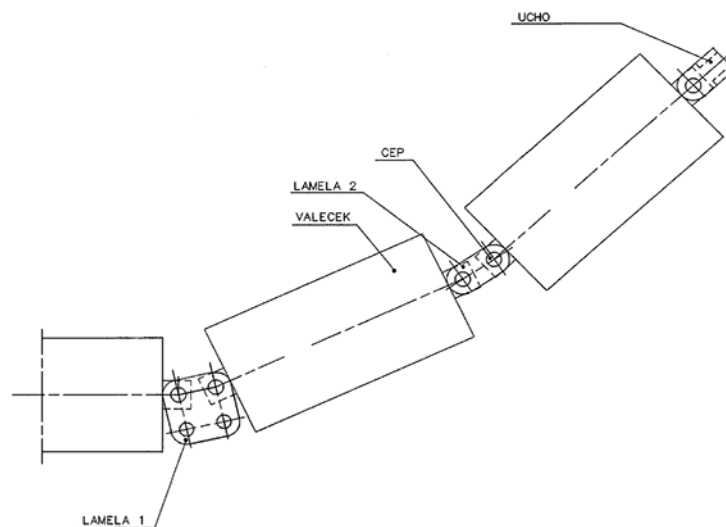
Nakládací pás

Nakládací pás je nejdelším dopravníkem na rypadle typu KU 800. Zajišťuje předávání materiálu na další zařízení, zpravidla na pásový dopravník. Jeho konstrukce umožňuje

překonávat výškové rozdíly mezi pracovní plošinou kolesového rypadla a plošinou, na které je umístěný porubní pásový dopravník. Nakládací místo tvoří násypka a pět pětiválečkových girland, zavěšených na zdvojených girlandových lanech a ve střední části jsou válečky proti pohybu spojeny.

Příklad použitých válečků:

- Girlandová stolice dopadová, 3-23384-18604/00 (Tranza a.s.), která je složena z pěti hladkých válečků 190x380/6310. Jedná se o válečky s průměrem 190 mm, délkou 380 mm.



Obr. 5 - Girlandová dopadová stolice 3-23384-18604/00

3.3 Kolesové rypadlo K 10 000

Kolesové rypadlo K 10 000 je největším provozovaným velkstrojem v Severočeských dolech a.s. Jako jediné spadá do výkonnostní kategorie TC 3 s teoretickým výkonem $10\,000\text{ m}^3/\text{h}$ [2]. Doprava těžených hmot na stroji je zajištěna pásovými dopravníky, s výjimkou střední stavby, kde je předávání materiálu na spojovací most zajištěno vynášecím talířem. Jedná se o kruhový dopravník s vyklápěcími díly.

Přední pás

Na tento dopravník se nakládá materiál přímo z kola. Dopadové místo je umístěno pod skluzem kola a je tvořeno celkem jedenácti kusy pětiválečkových dopadových girland, zavěšených na girlandové laně.

Příklad použitých válečků:

- Dopadová girlandová stolice GL, 3-23384-10706 (Tranza a.s.), která je složena z pěti hladkých válečků 192x465/6312. Jedná se o válečky s průměrem 192 mm a délkou 465 mm.

Předávaný materiál je usměrňován nesenou násypkou nad následujícím dopravníkem.

Zadní pás

Z předního pásu dochází k předávání materiálu na zadní pás. Přední kolesový výložník je konstruován jako výsuvný, takže k nasypávání přepravovaného materiálu nedochází v jednom místě. Pozice vysýpacího místa předního pásu se vůči zadnímu pásu mění v závislosti na vysunutí kolesového výložníku. Konstrukce zadního pásu musí tedy umožnit nakládání materiálu na dopravní pás v celém rozsahu výsuvu kolesového výložníku. Horní větev dopravníku zadního pásu je osazena dvaceti osmi kusy tříválečkových girland, které tak tvoří dopadové místo po celé jeho délce. Zavěšeny jsou na girlandových lanech po obou stranách dopravníku.

Příklad použitých válečků:

- Dopadová girlandová stolice je složena ze dvou hladkých válečků 194x850 a jednoho válečku 194x750 (Transroll a.s.). Boční válečky jsou s průměrem 194 mm a délkou 850 mm, a střední válečky s průměrem 194 mm a délkou 750 mm.

Kruhový dopravník

Ze zadního pásu dochází k předávání materiálu na kruhový dopravník, který je tvořen pevnými vyklápěcími listy. Předávání materiálu na další dopravník je zajištěno sklopením listů a shrnovacím pluhem.

Vynášecí pás

Dopadové místo vynášecího pásu je tvořeno utěsněnou násypkou a samostatnými válečky umístěnými v držácích. Profil dopadového místa tvoří celkem 18 ks dopadových válečků. Dva boční skloněné válečky jsou pravidelně uspořádány v šesti řadách. Mezi těmito řadami válečků je vždy umístěn jeden vodorovně umístěný váleček podpírající střed dopravního pásu.

Příklad použitých válečků:

- váleček 192x450 (Transroll a.s.)

Spojovací most

Spojovací pás překlenuje vzdálenost od rypadla k pásové dopravě, je umístěn na samostatných kráčivých podvozcích. Materiál dopadá do násypky, pod kterou je umístěno šest pětiválečkových dopadových girland. Tlumení dopadu je zajištěno zavěšením girland přes tlumicí členy, které jsou tvořeny pružinami.

Příklad použitých válečků:

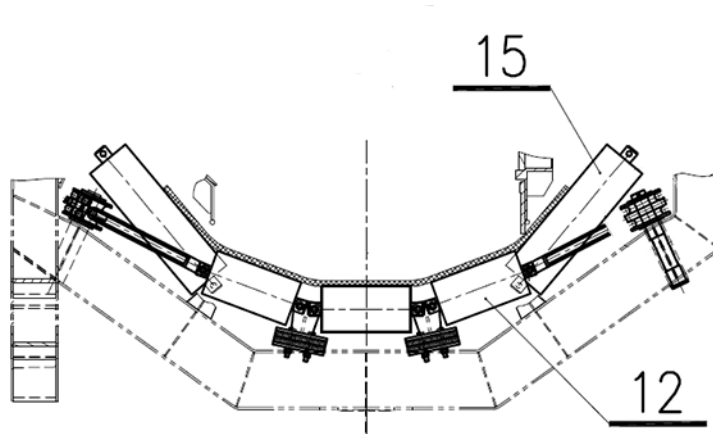
- Girlandová stolice dopadová, 3-23384-10706 (Transroll a.s.), která je složena z pěti hladkých válečků 192x465/6310. Jedná se o válečky s průměrem 192 mm, délkou 465 mm.

3.4 Kolesové rypadlo KK 1300

Kolesové rypadlo KK 1300 je nejnovější dobývací velkostroj ve společnosti Severočeské doly a.s., jeho stavba byla dokončena v roce 2011. Toto rypadlo je určeno k těžbě nadložních zemin a to i velmi tvrdých partií. Konstrukce rypadla je klasické konstrukce s nevýsuvným kolesovým výložníkem a teleskopickým spojovacím mostem. Svým teoretickým výkonem $5\,500\text{ m}^3/h$ se řadí do výkonnostní kategorie TC 2. Dopravní linka na velkostroji je tvořena pásovými dopravníky o šířce gumového pásma 2 000 mm [2].

Kolesový pás

Dopadové místo pod výsypem z kola na kolesovém výložníku je tvořeno kombinací tříválečkových girland zavěšených na girlandových lanech a dalšími samostatnými válečky nasazenými pevně v držácích. Celkově tento dopad tvoří 17 ks girland (na Obr. 6 označeno jako pozice 12) a 18 ks samostatných válečků (pozice 15).



Obr. 6 - Profil dopadového místa na kolesovém výložníku rypadla KK 1300

Pro zajištění správného vedení dopravního pásu jsou jednotlivé girlandy navzájem spojeny.

Příklad použitých válečků:

- Dopadová girlanda (VVV Most), 4VV 3211 U1
- Pevný boční váleček A194x670-63125/23,5 (Precismeca)

K usměrnění toku vysýpaného materiálu slouží parabolický štít.

Předávací pás

Mezi kolesovým a předávacím pásem, je ve střední stavbě umístěn drtič skrývky. Z drtiče nepadá materiál přímo na dopravník, ale na umístěný skluz, ze kterého se materiál svádí na předávací pás. Dopadové místo předávacího pásu tvoří násypka a šest pětiválečkových dopadových girland, které jsou zavěšeny na girlandových lanech.

Příklad použitých válečků:

- Dopadová girlanda (VVV Most), 4VV 8211 U1

Při vysypání na spojovací pás je tento materiál usměřňován štítem.

Spojovací pás

Spojovací pás překlenuje vzdálenost od rypadla k pásové dopravě, je teleskopicky výsuvný. Materiál dopadá do násypky, pod kterou je umístěno osm pětiválečkových dopadových girland. Tlumení dopadu je zajištěno zavěšením girland na girlandových lanech.

Příklad použitých válečků:

- Dopadová girlanda (VVV Most), 4VV 8211 U1

Nakládací pás

Ze spojovacího pásu je materiál sypán přes střední přesyp na tlumící skluz, ze kterého se dále materiál dostává do násypky nakládacího pásu. Dopadové místo je tvořeno celkem dvaceti pětiválečkovými girlandami. Jedná se o stejný typ jako v případě dopadových válečků na spojovacím pásu. Pro zajištění polohy dopadových girland jsou všechny navzájem spojeny.

3.5 Kolesové rypadlo K 2000

Kolesové rypadlo K 2000 bylo uvedeno do provozu v roce 1988 a je určeno k těžbě nadložní zeminy s možným výskytem pevných poloh, a je výkonově zařazeno do TC 2. Pro snížení kusovitosti dobývaného materiálu je ve střední stavbě umístěn dvourotorový drtič. Kolesový výložník je nevýsuvný, spojovací most je teleskopický. Jeho teoretický výkon je $5\,500\text{ m}^3/h$ [2].

Kolesový pás

Dopadové místo pod výsypem z kola na kolesovém výložníku je tvořeno kombinací tříválečkových girland zavěšených na girlandových lanech a dalšími samostatnými válečky nasazenými pevně v držácích. Celkově tento dopad tvoří 17 ks girland a 17 ks samostatných válečků. Uspořádání dopadových válečků je obdobné jako u velkstroje KK 1300 (Obr. 6).

Příklad použitých válečků:

- Dopadová tříválečková girlanda (Precismeca), s válečky s průměrem 192 *mm*, a délkou 380 *mm*
- Pevný boční váleček A192x465 (Precismeca), s průměrem 192 *mm*, a délkou 465 *mm*

Z kolesového pásu je materiál vysypáván do drtiče umístěného ve střední stavbě, tok materiálu je usměrňován štítem.

Mezipás

Přepřavovaný materiál se vysypává z drtiče přímo na dopravní pás. Přebírací místo je tvořeno násypkou, která usměrňuje tok dopadajícího materiálu. Dopad je tvořen šesti pětiválečkovými dopadovými girlandami zavěšenými na girlandovém laně. Na vysýpací části je pro regulaci toku materiálu umístěn nastavitelný štít.

Nakládací pás

Nakládací pás překlenuje vzdálenost od rypadla k pásové dopravě, je teleskopicky výsuvný. Materiál dopadá do násypky, pod kterou je umístěno osm pětiválečkových dopadových girland. Tlumení dopadu je zajištěno zavěšením girland na girlandových lanech. Tok předávaného materiálu je usměrňován pevně umístěným štítem.

Vysýpací pás

Pád materiálu na vysýpací pás je ztlumen regulovatelným skluzem, ze kterého materiál dále dopadá na dopravní pás. Vysýpací pás je konstruován tak, že umožňuje dopad materiálu z nakládacího pásu po celé své délce. Jako podpěrné a zároveň dopadové válečky je zde umístěno 20 ks dopadových girland.

Příklad použitých válečků:

- Dopadová girlandová stolice Precismeca, složená z pěti hladkých válečků 192x380. Jedná se o válečky s průměrem 192 *mm* a délkou 380 *mm*.

Stejně válečky jsou umístěny též na nakládacím pásu a mezipásu.

3.6 Kolesové rypadlo SchRs 1550

Kolesové rypadlo SchRs 1550/4x30 bylo uvedeno do provozu v roce 2002. Je určeno pro těžbu skrývky s teoretickým výkonem $5\,500\text{ m}^3/\text{h}$. Kolesový výložník je nevýsuvný. Spojovací most má délku 90 m a umožňuje vysunutí v rozmezí $\pm 10\text{ m}$. Doprava materiálu po stroji probíhá na celkem čtyřech pásových dopravnících, které mají šířku dopravního pásu $2\,000\text{ mm}$, ve střední stavbě je umístěn dvourotorový drtič skrývky [3].

Kolesový pás

Kolesový pás dopravuje materiál těžený kolesem do středu stroje. Násypné místo zahrnuje skluz, po kterém dochází k nakládání na pásový dopravník po výsypu z kola, který navazuje na bočnice násypky.

Dopadové místo je tvořeno polem patnácti pětiválečkových dopadových girland. Girlandy jsou zavěšeny na konstrukci kolesového pásu, tlumení rázů od dopadu těženého materiálu je zajištěno vložением pryžových tlumících podložek pod zajištění girland.

Příklad použitých válečků:

- Girlandová stolice dopadová, 3-23384-19604/00 (Tranza a.s.), která je složena ze tří hladkých válečků $192 \times 750/6312$. Jedná se o válečky s průměrem 192 mm , délkou 750 mm .

Z kolesového pásu pokračuje dopravovaný materiál přes předávací místo ve středu kolesového rypadla na mezipás. Předávací místo sestává z odpruženého tlumícího štítu, ten odvádí materiál přes dvourotorový drtič skrývky ve střední stavbě. V případě, že drcení materiálu není potřeba, je možné rotory drtiče od sebe odsunout a tím umožnit snazší průchod materiálu.

Mezipás

Dopravní mezipás dopravuje materiál ze středu stroje na mostový pás. V zadní stěně podávací násypky mezipásu jsou kaskádovitě umístěné tři tlumící bubny. Dva horní bubny

mají průměr 600 mm, spodní buben má průměr 1 000 mm. Všechny tyto bubny jsou uloženy otočně a mají svůj vlastní pohon. Materiál se dostává na dopravní pás mezipásu z tlumících bubnů. Dopadové místo tvoří sedm válečkových stolic, které jsou sestaveny ze samostatných válečků, sedm dolních pogumovaných válečků a čtrnáct bočních válečků.

Příklad použitých válečků:

- Váleček hladký atypický s okem 190x830/22314, 3-23584-00084 (Tranza a.s.), jedná se o váleček s průměrem 190 mm, délkou pláště 830 mm.
- Váleček pogumovaný atypický 245x750/22314, 3-23194-00094, (Tranza a.s.), jedná se o váleček s průměrem 245 mm, délkou pláště 750 mm.

Skloněné boční válečky jsou na jedné straně zasunuty v držáku s gumovým pouzdrém na rámu nakládacího pásu, a na druhé straně je váleček zavěšen na čepu. Každý střední váleček je pevně uložen ve dvou držácích.

Při předávání materiálu na další dopravník je pro usměrnění jeho toku použit odrazový štít.

Spojovací pás

Spojovací pás, je teleskopicky výsuvný, a dopravuje materiál na nakládací vůz. Materiál dopadá do násypky, pod kterou je umístěno čtrnáct tříválečkových dopadových girland.

Příklad použitých válečků:

- Girlandová stolice dopadová, 3-23384-19604/00 (Tranza a.s.), která je složena ze tří hladkých válečků 192x750/6312. Jedná se o válečky s průměrem 192 mm, délkou 750 mm.

Předání materiálu na následující dopravník probíhá přes nakládací vůz. Protože je mezi těmito dopravníky velký výškový rozdíl a je třeba snížit vliv od padajícího materiálu na nakládací pás, jsou zde použity odrazné bubny, ve stejném uspořádání jako pod násypkou ve středu kolesového rypadla. Ve spodní části nakládacího vozu jsou kaskádovitě uspořádány dva tlumící bubny o průměru 600 mm a třetí tlumící buben o průměru 1 000 mm. Všechny tyto bubny jsou otočné a jsou samostatně poháněné.

Nakládací pás

Dopravuje materiál z násypky nakládacího vozu na nakládací místo dálkové pásové dopravy. Nakládací pás umožňuje v omezené míře vysouvání, takže násypné místo musí pokrývat celý tento rozsah. Bočnice na okrajích dopravníku vytváří násypku včetně utěsnění pod bočnicemi. Dopad tvoří čtrnáct dopadových girland. Jedná se o tříválečkové girlandy, pružným zavěšením.

Příklad použitých válečků:

- Girlandová stolice dopadová, 3-23384-19604/00 (Tranza a.s.), která je složena ze tří hladkých válečků 192x750/6312. Jedná se o válečky s průměrem 192 mm, délkou 750 mm.

Dopadové girlandy na jednotlivých dopadových místech kolesového rypadla SchRs 1550 jsou navzájem propojeny, nejčastěji gumovým pásem.

3.7 Kolesové rypadlo SchRs 1320

Kolesové rypadlo SchRs 1320/4x30 bylo uvedeno do provozu v roce 2006. Je určeno pro těžbu skrývky s možným výskytem tvrdších poloh. Jeho teoretický výkon je $5\,500\text{ m}^3/\text{h}$. Kolesový výložník je nevýsuvný. Spojovací most má délku 90 m a umožňuje výsuv v rozmezí $\pm 10\text{ m}$. Doprava materiálu po stroji probíhá na celkem čtyřech pásovéch dopravnících, které mají šířku dopravního pásu 2 000 mm [4].

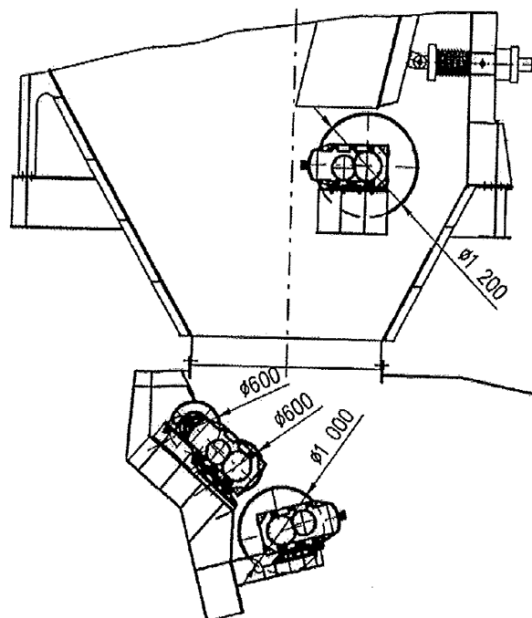
Kolesový pás

Kolesový pás dopravuje materiál těžený kolesem do středu stroje. Násypné místo zahrnuje skluz, po kterém dochází k nakládání na pásový dopravník po výsypu z kola, který navazuje na bočnice násypky. Pro zmenšení kusovitosti materiálu, který se vysypává z kola je na konstrukci kolesového výložníku nad dopadovým místem umístěno jednorotorové kruhadlo. Dopadové místo je tvořeno polem patnácti pětiválečkových dopadových girland, jejichž vzájemná rozteč je 400 mm. Girlandy jsou zavěšeny na konstrukci kolesového pásu, tlumení rázů od dopadu těženého materiálu je zajištěno vložením pryžových tlumících podložek pod zajištění girland.

Příklad použitých válečků:

- Girlandová stolice dopadová, 3-23374-19604/00 (Tranza a.s.), která je složena z pěti hladkých válečků 159x400/22310. Jedná se o válečky s průměrem 159 mm, délkou 400 mm.

Z kolesového pásu pokračuje dopravovaný materiál přes předávací místo ve středu kolesového rypadla na mezipás. Předávací místo sestává z odpruženého tlumícího štítu, z dopadového bubnu a kaskády tří tlumících bubnů. Od tlumícího štítu jde materiál na dopadový buben o průměru 1 200 mm, který je umístěn v horní části násypky. Tento buben je otočný a má svůj pohon.



Obr. 7 - SchRs 1320 odrazové bubny [4]

Mezipás

Dopravní mezipás dopravuje materiál ze středu stroje na mostový pás. V zadní stěně podávací násypky mezipásu jsou kaskádovitě umístěné tři tlumící bubny. Dva horní bubny mají průměr 600 mm, spodní buben má průměr 1 000 mm. Všechny tyto bubny jsou uloženy otočně a mají svůj vlastní pohon. Materiál se dostává na dopravní pás mezipásu z tlumících bubnů. Dopadové místo tvoří šest pětiválečkových girland s prodlouženými bočními válečky a dvěma pětiválečkovými girlandami se stejně dlouhými válečky. Girlandy jsou zavěšeny na konstrukci, tlumení rázů zajišťují pryžové tlumící prvky.

Příklad použitých válečků:

- Girlandová stolice dopadová s prodlouženými bočními válečky, která je složena ze tří hladkých válečků s průměrem 159 mm, délkou 400 mm a dvou hladkých válečků s průměrem 159 mm, délkou 600 mm.
- Girlandová stolice dopadová, 3-23374-19604/00 (Tranza a.s.), která je složena z pěti hladkých válečků 159x400/22310. Jedná se o válečky s průměrem 159 mm, délkou 400 mm.

Při předávání materiálu na další dopravník je pro usměrnění jeho toku použit štít.

Spojovací pás

Spojovací pás, je teleskopicky výsuvný, a dopravuje materiál na nakládací vůz. Materiál dopadá do násypky, pod kterou je umístěno dvanáct odpružených pětiválečkových dopadových girland.

Příklad použitých válečků:

- Girlandová stolice složena z pěti hladkých válečků s průměrem 148 mm, délkou 400 mm, 3-23374-00100/00 (Tranza a.s.).

Předání materiálu na následující dopravník probíhá přes nakládací vůz. Protože je mezi těmito dopravníky velký výškový rozdíl a je třeba snížit vliv od padajícího materiálu na nakládací pás, jsou zde použity odrazné bubny, ve stejném uspořádání jako v násypce ve středu kolesového rypadla. V horní části násypky materiál z hnacího bubnu spojovacího pásu dopadá na oboustranně poháněný dopadový buben o průměru 1 000 mm. Ve spodní části nakládacího vozu jsou kaskádovitě uspořádány dva tlumicí bubny o průměru 600 mm a třetí tlumicí buben o průměru 1 000 mm. Všechny tyto bubny jsou otočné a jsou samostatně poháněné.

Nakládací pás

Dpravuje materiál z násypky nakládacího vozu na nakládací místo dálkové pásové dopravy. Nakládací pás umožňuje v omezené míře vysouvání, takže násypné místo musí pokrývat celý tento rozsah. Bočnice na okrajích dopravníku vytváří násypku včetně

utěsnění pod bočnicemi. Dopad tvoří devatenáct dopadových girland. Jedná se o tříválečkové girlandy, pružným zavěšením, se sklonem bočních válečků 40° se vzájemnou roztečí 400 mm .

Příklad použitých válečků:

- Girlandová stolice dopadová, 3-23384-19604/00 (Tranza a.s.), která je složena ze tří hladkých válečků $192 \times 750/6312$. Jedná se o válečky s průměrem 192 mm , délkou 750 mm .

Dopadové girlandy na jednotlivých dopadových místech kolesového rypadla SchRs 1320 jsou navzájem propojeny, nejčastěji gumovým pásem.

3.8 Kolesové rypadlo KU 300

V současné době je celkově v provozu deset kolesových rypadel tohoto typu. Převážně se používají pro těžbu uhlí. Tato rypadla jsou vybavena výsuvným kolesovým výložníkem. Teoretický výkon se pohybuje od $1\,500\text{ m}^3/\text{h}$ až do $3\,055\text{ m}^3/\text{h}$ podle konkrétního provedení, resp. podle provedených rekonstrukcí při generálních opravách. Šířka dopravních pásů je $1\,400\text{ mm}$ [2].

Přední pás

Z kola dochází k nakládání materiálu na přední pás. Materiál je z kola vysypáván na skluz, který je součástí konstrukce předního pásu, a dále na vlastní dopravník. Proti vysypávání materiálu na druhé straně proti skluzu jsou umístěny zvýšené bočnice násypky (boční vedení). Dopadové místo tvoří osm tříválečkových girland s prodlouženými závěsy, které jsou pro tlumení dopadových rázů zavěšeny na girlandových lanech.

Příklad použitých válečků:

- Girlandová stolice, 3-23374-13601/00 (Tranza a.s.), která je složena ze tří hladkých válečků o průměru 148 mm a délkou 315 mm .

K sypaní materiálu na další dopravník nedochází na jednom místě. Protože je konstrukce kolesového výložníku výsuvná a dochází k předávání materiálu na zadní pás v rozsahu celého výsuvu, je třeba zajistit, aby tok materiálu byl správně usměrněn po celé

délce předávání. Bočnice u vysýpací části předního pásu jsou prodloužené, aby zajistily potřebné směřování toku materiálu. Ze stejného důvodu je zde ještě doplněn štít.

Zadní pás

Zadní pás musí umožnit nakládání materiálu v téměř v celé své délce, resp. dopad musí pokrýt celý rozsah výsuvu kolesového výložníku. Válečky na zadním páse jsou pevně usazené v držácích na konstrukci. Celkově je zde dvacet jedna válečkových stolic, skládajících se ze tří válečků. V jedné ose jsou umístěny boční (skloněné) válečky, které jsou doplněny vždy jedním středním (vodorovným) válečkem. Střední váleček není ve stejné ose, jako jsou boční válečky, ale je přesazený.

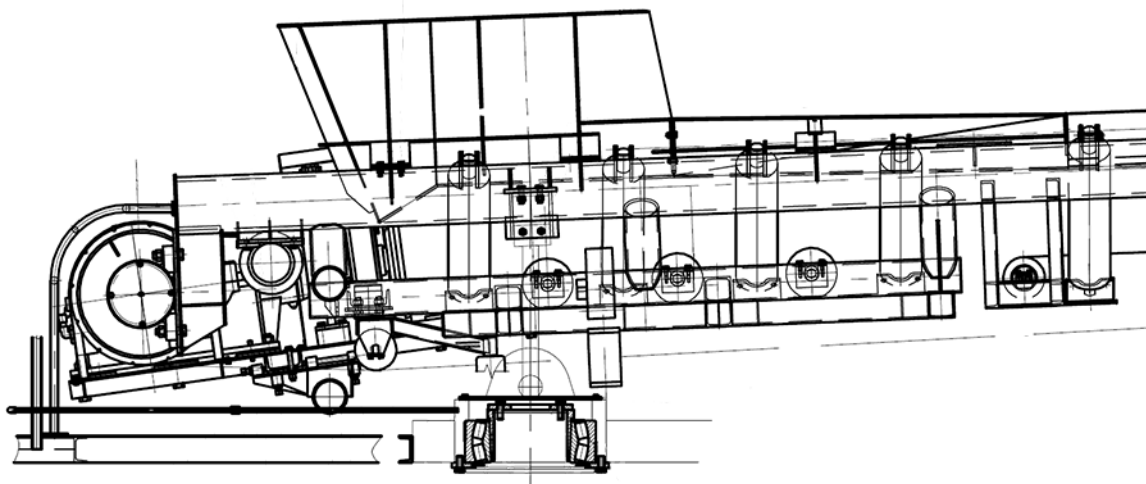
Příklad použitých válečků:

- Váleček s okem 3-23574-00007 (Tranza a.s.), váleček s průměrem 159 mm a délkou 630 mm, atypický (s okem pro zavěšení na jedné straně).
- Váleček pogumovaný 3-23484-00093 (Tranza a.s.), váleček s průměrem 194 mm a délkou 400 mm.

Stejný typ válečků je použit pro všechna dopadová místa kolesového rypadla KU 300, kde je provedení dopadu s pevnými válečky. Jedná se o všechny dopravníky mimo předního pásu.

Předávací pás

Přesyp ze zadního na předávací pás se nachází ve středu horní stavby. Přepřavovaný materiál je zde vysypáván z otočného kolesového výložníku na předávací pás. Aby bylo zajištěno nakládání materiálu do středu předávacího pásu v jakékoliv vzájemné poloze dopravníků, je materiál usměrňován pevně umístěným štítem. Dopadové místo je tvořeno násypkou a samostatnými válečky umístěnými v držácích. Profil dopadového místa pásového dopravníku předávacího pásu tvoří čtyři řady bočních skloněných válečků s kovovým pláštěm, a mezi jednotlivými řadami těchto válečků jsou umístěny ve spodní části tři samostatné dopadové válečky s pogumovaným pláštěm.



Obr. 8 - KU 300, konstrukce dopadu předávacího pásu

Nakládací pás

Násypku na nakládacím pásu tvoří zvýšené bočnice na obou stranách dopravníku. Směr dopravovaného materiálu z předávacího pásu se nemění, oba dopravníky jsou v jedné ose, takže zde není žádný štít. Dopadové místo tvoří samostatně montované válečky, jež jsou zasazeny do držáků, které jsou upevněny na konstrukci rámu dopravníku a které tak tvoří profil dopravního pásu. V místě dopadu jsou zmenšeny rozestupy jednotlivých válečků. Profil dopravního pásu vytváří tři válečky. Jeden střední váleček a dva boční po jednom na každé straně. Skloněné boční válečky jsou na jedné straně zasunuty v držáku s gumovým pouzdem na rámu nakládacího pásu, a na druhé straně je váleček zavěšen na čepu. Každý střední váleček je pevně uložen ve dvou držácích.

3.9 Kolesové rypadlo K 650

Jedná se o jediné kompaktní rypadlo na Dolech Bílina, z dosahových důvodů je doplněno o pásový vůz. Rypadlo je nasazeno na skrývkovém řezu a jeho teoretický výkon je $1\,850\text{ m}^3/\text{h}$. Materiál po stroji je dopravován dvěma dopravníky [2].

Kolesový pás

Dopadové místo pod výsypem kola tvoří sedm tříválečkových stolic sestavených ze samostatných válečků umístěných v pevných držácích na konstrukci. Rozstup mezi jednotlivými stolicemi je 300 mm . S ohledem na výkonnost tohoto typu kolesového

rypadla zde není tlumení dopadových rázů pomocí zavěšení dopadů na girlandová lana, ale jen použití tlumících gum (silentbloků) v uložení bočních válečků ve spodní části. V horní části jsou válečky nasazeny v držácích a upevněny čepy. Střední válečky jsou provedeny s pogumovaným pláštěm.

Příklad použitých válečků:

- Váleček s okem 3-23574-00007 (Tranza a.s.), váleček s průměrem 159 mm a délkou 630 mm, atypický (s okem pro zavěšení na jedné straně).
- Váleček pogumovaný 3-23184-00040 (Tranza a.s.), váleček s průměrem 194 mm a délkou 600 mm.

Z kolesového výložníku dochází k předávání materiálu na nakládací výložník a tok materiálu v přesypu je regulován štítem.

Nakládací pás

Dopadové místo tvoří integrovaná násypka, tvořená upravenými bočnicemi pro usměrnění vsypávaného materiálu a čtyřmi řadami dopadových válečkových stolic. Způsob jejich uložení a typ válečků je shodný jako na kolesovém pásu.

4 Konstrukční návrh dopadového místa na velkostroji

Od roku 2012 probíhá analýza provozních podmínek dopravních pásů v provozu Severočeských dolů a.s. Úkolem projektu je výzkum, vývoj a aplikace nových metod a postupů při realizaci pásové dopravy, jehož cílem je zvýšení životnosti dopravníkových pásů namáhaných rázovým zatížením. Nejvíce namáhané jsou zejména dopravní pásy používané v dálkové pásové dopravě při těžbě skrývky.

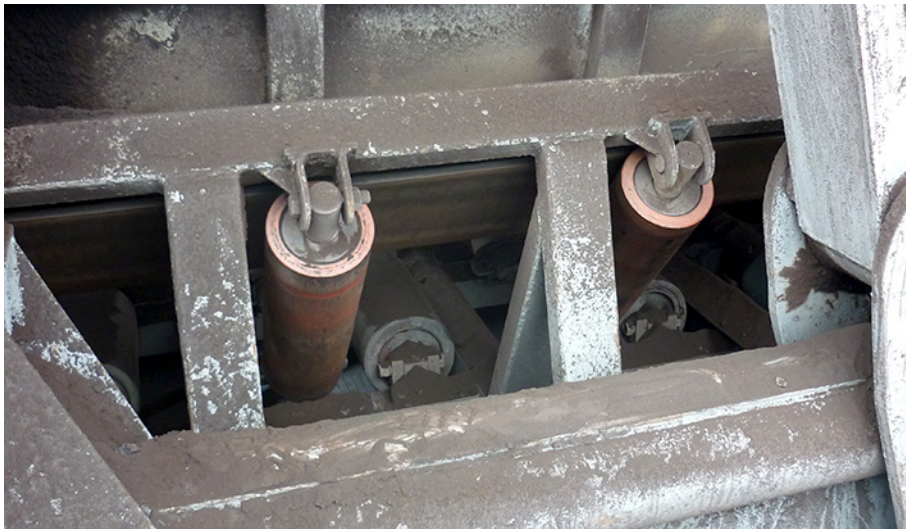
Jedním z již realizovaných opatření je úprava násypky vratné stanice. Tato úprava spočívá v montáži skluzu, který zabrání přímému dopadu přepravovaného materiálu na dopravní pás. Protože se při těžbě a následné přepravě nelze vyhnout lepidivému materiálu, je celá konstrukce násypky vratné stanice se skluzem řešena jako přestavitelná a v době přepravy zmíněných nepříznivých materiálů je třeba tento skluz odsunout mimo dosah dopadu materiálu. V současné době není přestavení násypky vratné stanice automatizované a provádí se manuálně zejména při pravidelných kontrolách zařízení.

Dalším z možných opatření je úprava stávajícího dopadového místa, například podepřením dopravního pásu při dopadu přepravovaného materiálu. Jedním z řešení je použití impaktních tyčí. Pro tento konstrukční návrh bylo zvoleno kolesové rypadlo typu KU 300 a na něm dopadové místo na nakládacím pásu.

4.1 Stávající provedení dopadového místa na nakládacím pásu rypadla KU 300

Nakládací pás na kolesovém velkostroji KU 300 je tvořen pásovým dopravníkem o šířce dopravního pásu 1 400 mm, jeho profil je tvořen tříválečkovými stolicemi, s přesazenými válečky. To znamená, že v jedné ose jsou vždy dva boční skloněné válečky na každé straně, a vedle nich je vždy umístěn, osově posunutý, jeden střední váleček. Dopadové místo je zde tvořeno dvanácti bočními a šesti středními válečky.

Boční válečky jsou v provedení s kovovým pláštěm, průměrem 159 mm a délkou pláště 630 mm (3-23574-00007 - Tranza a.s.), s atypickým provedením hřídele, které spočívá v tom, že oko pro zavěšení je jen na jedné straně. V dolní části je váleček zasazen do držáku s gumovým pouzdrem a v horní části je váleček zavěšen na čepu. Tlumení dopadové energie je u těchto válečků umožněno zmíněným gumovým pouzdrem.

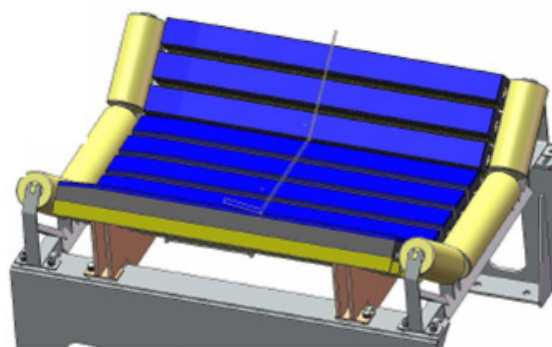


Obr. 9 - KU 300, stávající provedení dopadového místa [foto: autor]

Dolní válečky jsou v provedení s pogumovaným pláštěm, průměrem 194 mm a délkou pláště 400 mm (3-23484-00093 - Tranza a.s.), a tyto jsou pevně uloženy v držácích na konstrukci nakládacího pásu.

4.2 Impaktní stolice

Impaktní dopadové stolice mohou být náhradou dosud používaných dopadových stolic s dopadovými girlandami nebo válečky. Protože jsou umístěny po celé délce dopadu, eliminují tím nevýhody dopadových stolic s válečky. Jejich provedení může být přizpůsobeno konkrétnímu dopadovému místu použitím vhodného počtu impaktních tyčí, ale i jejich vhodným uspořádáním podle požadovaného profilu dopadového lože.



Obr. 10 - DvB-AF Impaktní stolice [5]

Konstrukce dopadového místa s impaktními dopady má zajistit dostatečnou tuhost, pružnost a vedení dopravního pásu, pohltit kinetickou energii dopadajícího materiálu, zajistit v místě dopadu plošný kontakt materiálu s dopravním pásem při snížení třecího odporu. Protože nedochází k velkým průhybům dopravního pásu lze též zajistit snadnější utěsnění okolí dopadu.

Impaktní dopadová stolice může být pevně upevněna na stávající konstrukci dopadové stolice (přesypového nebo nakládacího místa). Pro lepší tlumení rázů a tedy menší zatížení konstrukce dopadové stolice je vhodnější její pružné uložení.

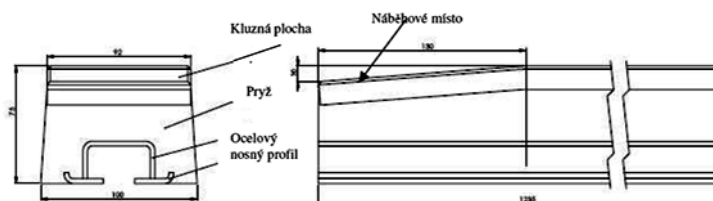
4.3 Části impaktní dopadové stolice

Celá dopadová stolice je složena z několika impaktních tyčí. Uspořádání impaktních tyčí je možné podle tvaru konstrukce a potřebného profilu, daného konstrukčním provedením dopadové stolice, v místě dopadu materiálu.

4.3.1 Impaktní tyč

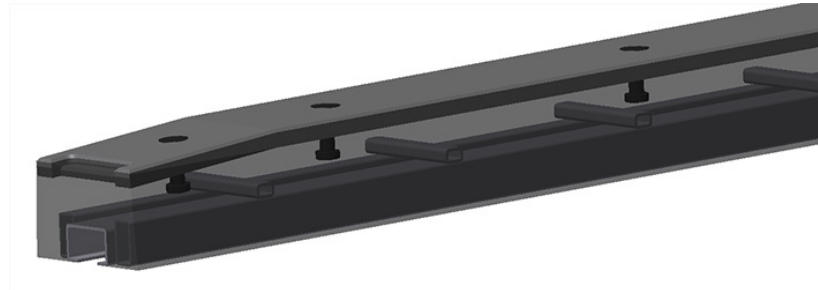
Hlavním prvkem impaktní stolice, který zabezpečuje tlumení dopadu přepravovaného materiálu na přesypových místech jsou impaktní tyče. Jsou umístěny pod dopravním pásem s odstupem 10 – 20 mm. Tato mezera musí být dodržena při pásu bez dopravovaného materiálu a při napnutí na provozní mez. Impaktní tyče se vyrábí v různém provedení, podle toho, jakou dopadovou energii jsou schopny zachytit a tím ztlumit pád a zajistit uklidnění dopravovaného materiálu.

Hlavním tlumicí materiálem, ze kterého je impaktní tyč vyrobena je pryž, na povrchu je vrstva z materiálu (například polyuretan, polyetylén), který má vysokou otěruvzdornost a má za úkol snížit tření mezi pásem a impaktní tyčí.



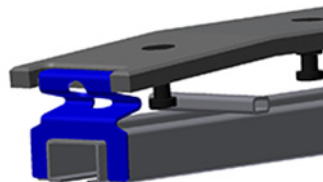
Obr. 11 - Impaktní tyč DvB 0991-001-000 [5]

Pro upevnění impaktních tyčí je ve spodní části zavulkanizován nosný ocelový profil, pro větší tuhost složený z několika částí a případně podle provedení ještě další výztuhy. Příkladem provedení je impaktní tyč **DvB 0991-019-000** od společnosti DvB-AF s.r.o.



Obr. 12 - Impaktní tyč DvB 0991-019-000 (vnitřní uspořádání výztuh)

Kluzná plocha je na koncích impaktní tyče zkosená, aby byl zajištěn hladký náběh dopravního pásu, a přidržují ji výztuhy na obou koncích. Takto je ustavena poloha kluzné plochy před zalitím pryží. Pro větší bezpečnost připevnění kluzné plochy na tělese impaktní tyče, jsou ještě doplněny pryžové kolíky, které zároveň slouží jako případná indikace mezního opotřebení kluzné plochy, ještě před jejím nežádoucím odtržením.



Obr. 13 - Impaktní tyč DvB 0991-019-000 (přidržovací výztuha)

4.3.2 Nosná tyč impaktní tyče

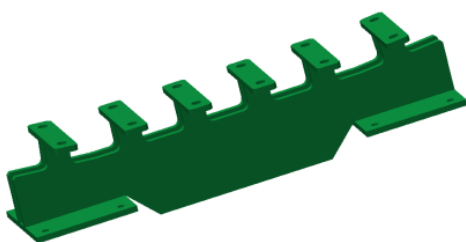
Impaktní tyč sama o sobě nemá dostatečnou tuhost a pevnost, aby dokázala bez poškození zachytit náraz od dopadajícího materiálu, proto se impaktní tyče montují na nosné tyče. Nosné tyče se vyrábí z ocelového plechu, v tomto případě se jedná o plech silný 6 mm, a pro větší tuhost bývají podélně ohýbány do U profilu nebo S profilu, mají délku 2 490 mm, a umožňují montáž dvou impaktních tyčí za sebou.



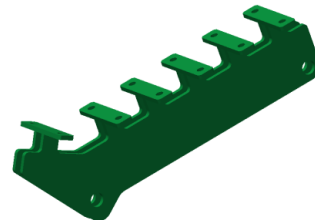
Obr. 14 - Impaktní tyče s nosnou tyčí

4.3.3 Nosič impaktních tyčí

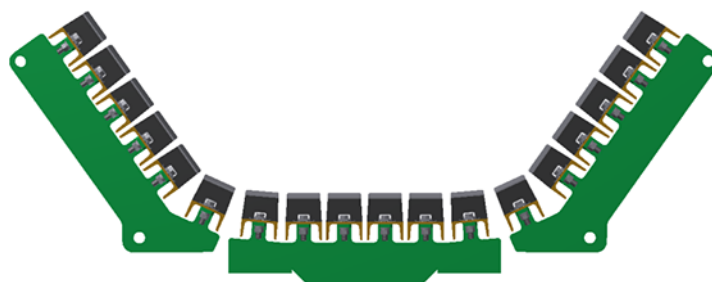
Nosič impaktních tyčí je prvek, na kterém jsou připevněny vlastní impaktní tyče (vč. nosných tyčí) a svým provedením stanovuje, jaký profil bude mít sestavená impaktní stolice. Nosič s impaktními tyčemi je upevněn na konstrukci dopadové stolice. Nosič může být navržen jako jednodílný, nebo v případě potřeby může být rozdělen na několik částí. Rozdělení nosiče může být výhodné u větších pásových dopravníků, kdy v případě nějaké závady nemusí dojít k demontáži celého impaktního dopadu, ale jen příslušné části. Příkladem může být návrh impaktního dopadu pro pásový dopravník šíře 2 200 mm, u kterého jsou nosiče rozdělené na samostatnou spodní část, kterou doplňují boční nosiče.



Obr. 15 - Spodní nosič (DPD 2 200 mm)

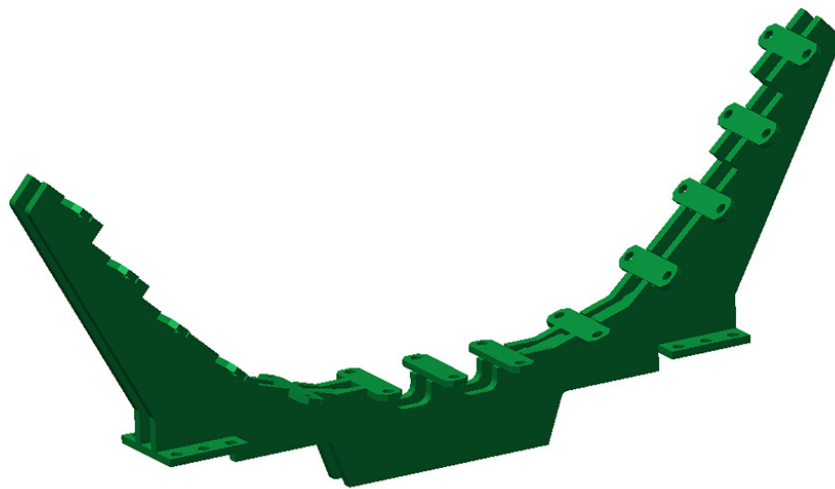


Obr. 16 - Boční nosič (DPD 2 200 mm)



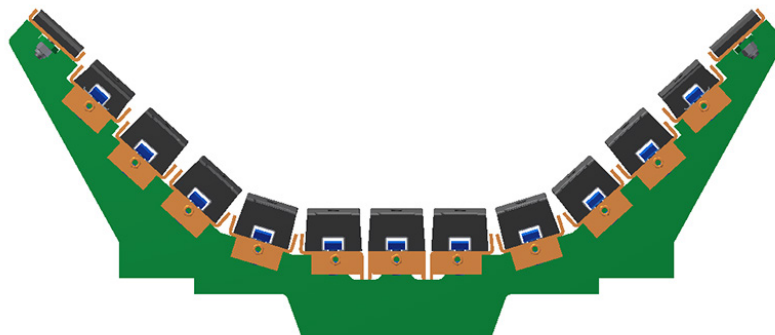
Obr. 17 - Sestavení dělených nosičů (DPD 2 200 mm)

Pro návrh impaktní stolice pro dopadové místo na nakládacím páse na velkostroji KU 300 jsem zvolil samostatný nosič pro celý profil dopadového místa. Nosič je tvořen dvěma stejnými základními profily z ocelového plechu, které jsou navzájem pevně spojeny výztuhami a navařenými patkami pro upevnění impaktních tyčí v jeho horní části, a přírubami pro upevnění na dopadovou stolicí v dolní části. Horní profil nosiče určuje tvar profilu impaktní stolice, a kopíruje původní profil pásového dopravníku. Spodní část zohledňuje potřebu umístění ve stávající konstrukci dopadového místa, při zachování potřebné tuhosti a pevnosti nosiče.



Obr. 18 - Nosič impaktních tyčí

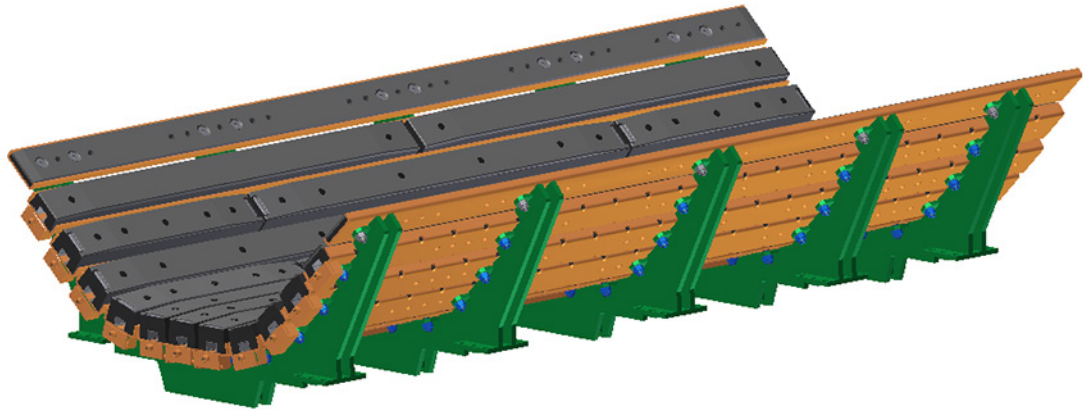
Spodní příruby na obou stranách nosiče umožňují montáž na držáky. Na horní patky budou upevněny impaktní tyče na nosných tyčích.



Obr. 19 - Profil sestavy impaktní stolice

4.4 Sestava impaktního dopadu

Sestava impaktního dopadu bude tvořena celkem pěti nosiči, které budou rozmístěny po celé délce. Jejich přesné umístění bude zohledňovat stávající příčné výztuhy na rámu dopadové stolice v konstrukci pásového dopravníku kolesového rypadlu KU 300.



Obr. 20 - Rozmístění nosičů a celková sestava impaktního dopadu

Impaktní tyče jsou upevněny k nosičům a tvoří potřebný profil dopadového místa. V horní části nosiče jako krajní lišty profilu nejsou již impaktní tyče, ale kluzné desky s pryžovým podkladem, které podepírají okraje dopravního pásu pod bočnicemi násypky, zabraňují prohýbání dopravního pásu a zlepšují tak utěsnění celé násypky.

5 Základní výpočet

Při dopadu těžného materiálu (zejména pevného a kusovitého), dochází k namáhání dopadového místa přesypu. Velikost tohoto namáhání závisí na pádové energii a rázové síle.

5.1 Pádová energie

Velikost pádové energie závisí na konstrukčním řešení přesypu, zejména na pádové výšce, správném usměrnění dopadu těživa, použitím dopadových skluzů apod.

Pro výpočet zatížení dopadové stolice budu považovat těžný materiál za jedno těleso, které je vrženo z předávacího místa ve směru dopravy a které volným pádem dopadne na dopadovou stolicí. Při pádu tělesa z výšky má těleso v době dopadu kinetickou energii, odpovídající potenciální energii před pádem a tedy, je určena hmotností tělesa a výškou, ze které došlo k pádu.

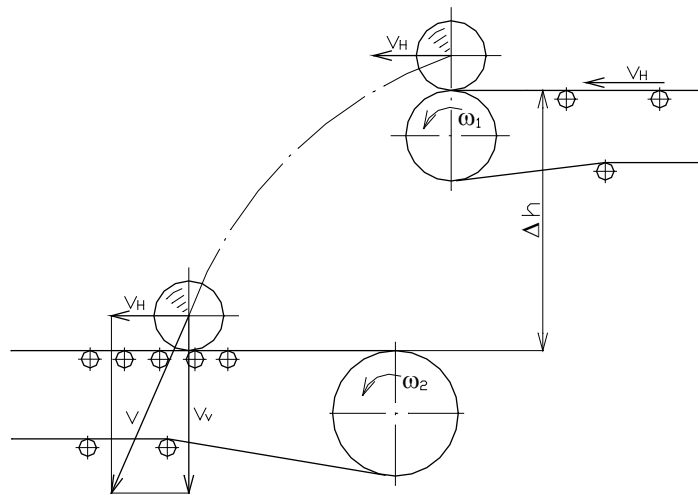
$$E_p = E_k [J] \quad (5.1)$$

$$E_p = m \cdot g \cdot h [J] \quad (5.2)$$

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 [J] \quad (5.3)$$

$$m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (5.4)$$

Pro analýzu působení nárazu na dopravní pás budu uvažovat jen se svislou složkou rychlosti.



Obr. 21 - Složky rychlosti při pádu tělesa a jeho dopadu

Rypadla KU 300 se používají k těžbě uhlí a v případě potřeby též k těžbě skrývky. Mimo uhlí tedy mohou být přepravovanými materiály písky, jíly, hlína popř. výskyty pískovce apod. Měrná hmotnost uhlí se udává v intervalu $\rho = 800 \div 1\,200 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, v případě těžené skrývky je tato hodnota $\rho = 1\,700 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. V tomto případě, kdy předpokládám výskyt kusu materiálu, budu vycházet z měrné hmotnosti čerstvé hlíny, která se uvádí v rozmezí $\rho = 1\,800 \div 2\,100 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Zvolím vyšší hodnotu, tedy:

$$\rho = 2\,100 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

Výška pádu h je závislá na konstrukčním uspořádání přesypového místa. Z hlediska namáhání dopravního pásu a celého dopadového místa při dopadu těženého materiálu, je nejvýhodnější co nejnížší výška, ze které materiál dopadne na dopadovou stolicí. Z výkresové dokumentace velkostroje KU 300 je zjištěno, že výška přesypu z předávacího pásu na nakládací pás je $1,6 \text{ m}$. Pro případ, kdy kus neleží přímo na dopravním pásu, ale nachází se v horní části objemu přepravovaného materiálu, budu uvažovat jako referenční pádovou výšku:

$$h = 2 \text{ m}$$

Pro výpočty zvolím jako referenční velikost kusu materiálu, který se může vyskytnout na dopravním pásu. U velkostroje KU 300 se udává jako největší přípustná kusovitost (velikost hrany kusu) těženého a přepravovaného materiálu $0,4 \div 0,5 \text{ m}$. Velkostroje typu

KU 300 mají krátký nakládací výložník, takže dopravu materiálu na pásovou dopravu zpravidla zprostředkovává pásový vůz. Z nakládacího pásu kolesového rypadla se materiál vysypává na spojovací pás pásového vozu, který jej dále předává na pásovou dopravu. Pásové vozy mají maximální dovolenou kusovitost přepravovaného materiálu $0,4\text{ m}$, takže pro výpočty budu uvažovat s touto hodnotou. Kusy těžené zeminy (skrývky) nebo uhlí mají nepravidelný tvar, ale pro účely výpočtu budu zjednodušeně uvažovat s kusem o tvaru pravidelné krychle o délce hrany l .

$$l = 0,4\text{ m}$$

Hmotnost uvažovaného kusu materiálu:

$$m = l^3 \cdot \rho \text{ [kg]} \tag{5.5}$$

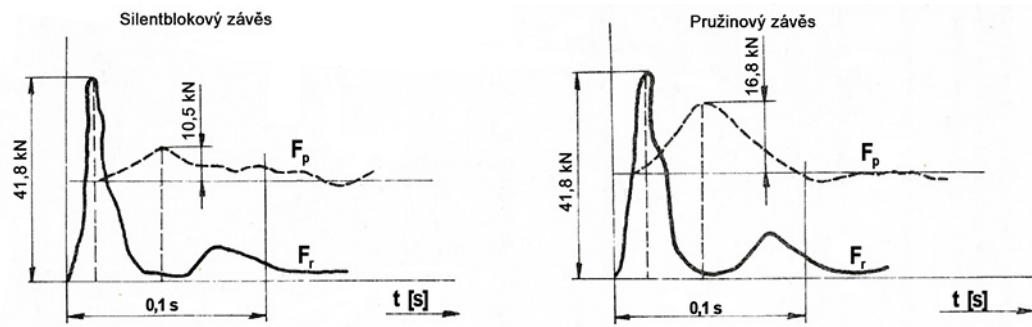
$$m = 0,4^3 \cdot 2\,100 = \underline{\underline{134,4\text{ kg}}}$$

Kinetická energie tělesa před dopadem je:

$$E_k = m \cdot g \cdot h = 134,4 \cdot 9,81 \cdot 2 = \underline{\underline{2\,636\text{ J}}}$$

5.2 Rázová síla

Pád těžného materiálu působí krátkodobě ($0,03$ až $0,07\text{ s}$) velkou rázovou silou na dopravní pás a dopadovou stolicí. Tato síla závisí na deformační schopnosti místa dopadu, tj. odporu proti stlačování dopravního pásu a jeho bezprostředního okolí a na poměru hmot mezi padajícím kusem těžného materiálu a dopadovým místem [6]. Pružné zavěšení dopadových stolic snižuje účinky rázové síly působící na části dopadové stolice.



Obr. 22 - Záznam průběhu rázových sil při pádu na girlandovou stolicí [6]

Hybnost představuje míru setrvačnosti tělesa, která závisí na jeho hmotnosti a jeho rychlosti. Před nárazem tělesa na dopravní pás má tedy hybnost:

$$p = m \cdot v \text{ [kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (5.6)$$

Rychlost dopadajícího materiálu je odvozena od vzorce (5.4).

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (5.7)$$

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 2} = \underline{\underline{6,263 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}}$$

$$p = m \cdot v = 134,4 \cdot 6,263 = \underline{\underline{842 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}}}$$

Při určování rázu těles se používá impulz síly, což je veličina vyjadřující časový účinek působení síly. Název impulz má význam náraz, což znamená, že tato veličina je vhodná k popisu vlivu tzv. nárazových sil, tedy sil, které působí po velmi krátkou dobu a mají značnou velikost. Impulz síly je roven změně hybnosti tělesa.

$$F \cdot \Delta t = \Delta p \Rightarrow F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \quad (5.8)$$

Změna hybnosti je rovna hybnosti tělesa před dopadem:

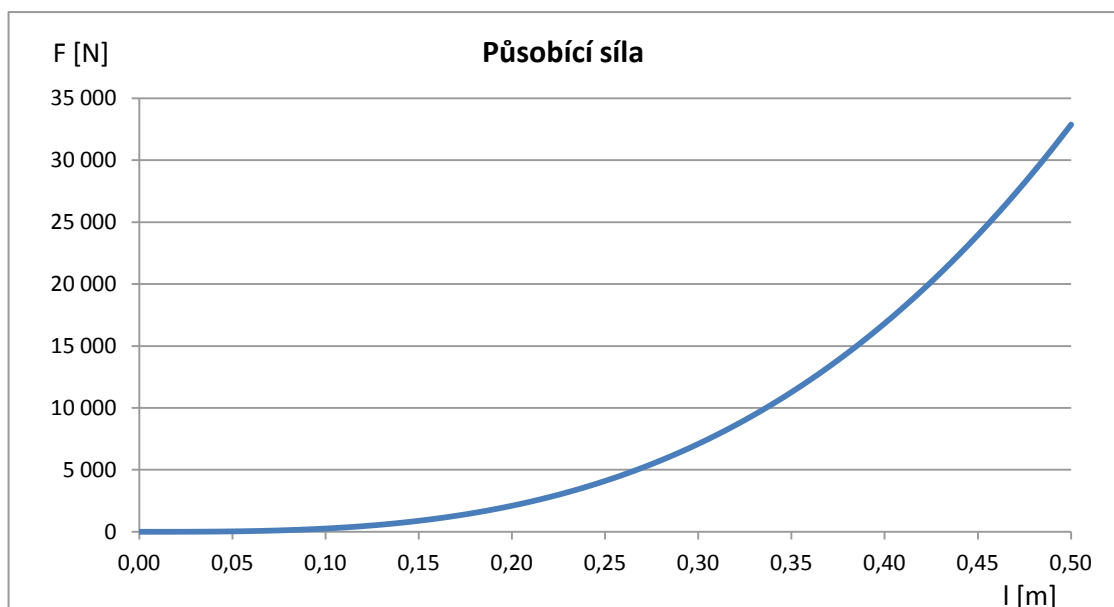
$$\Delta p = 842 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Rázová síla působí na dopadovou stolicí krátkodobě, podle literatury (0,03 až 0,07 s), viz záznam jejího průběhu na Obr. 22 [6]. Pro výpočet dopadové síly vezmu střední hodnotu uváděného rozpětí, tedy:

$$\Delta t = 0,05 \text{ s}$$

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{842}{0,05} = \underline{\underline{16\,835 \text{ N}}}$$

Tento výpočet předpokládá působení síly o stálé velikosti po celou dobu trvání jejího působení. Ve skutečnosti tato síla není konstantní a v průběhu nárazu se mění. Tento výsledek již nebudu korigovat, protože jsem v předchozích výpočtech vždy počítal s nejnepríznivějšími hodnotami, jako je velikost kusu a jeho měrná hmotnost, které převyšují reálné hodnoty při provozu tohoto velkostroje. Závislost této síly na velikosti dopadajícího kusu materiálu je zobrazena v grafu.



Graf 1: Závislost působení síly dopadu na velikosti kusu materiálu

5.3 Statická síla

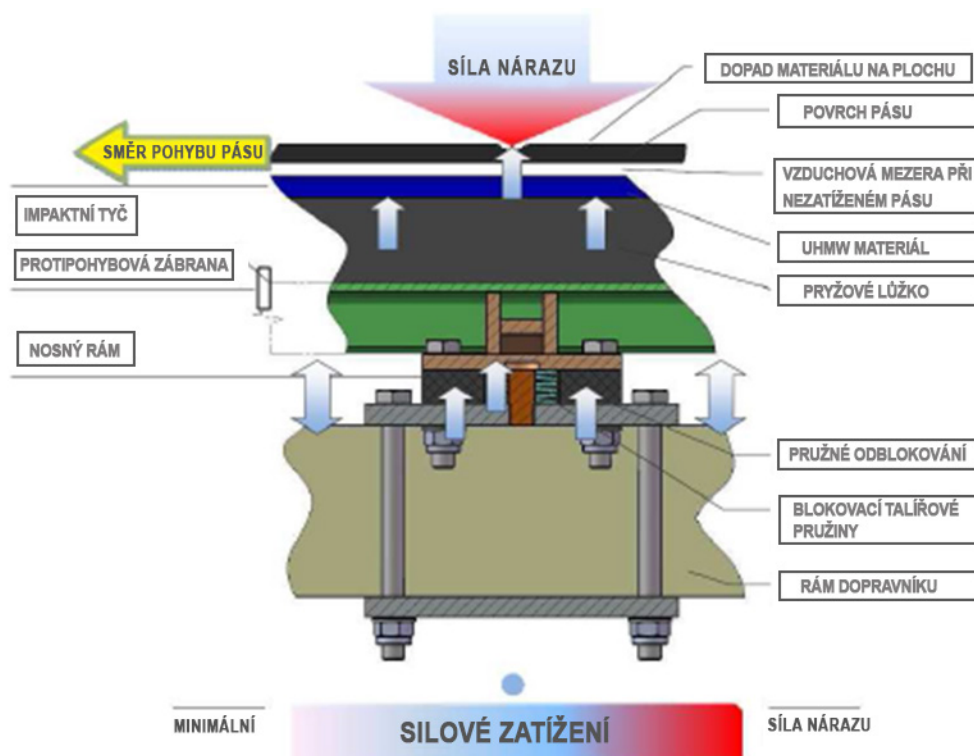
Statické zatížení uchycení dopadové stoličky představuje sílu od hmotnosti dopadové stoličky.

Impaktní stolička má hmotnost $m_i = 867 \text{ kg}$, pak tedy síla od této hmotnosti je:

$$F_{st} = m_i \cdot g = 867 \cdot 9,81 = \underline{\underline{8\,502 \text{ N}}}$$

6 Konstrukční návrh uchycení impaktní tyče na konstrukci dopravníku

Uchycení impaktního dopadu je zároveň i prvkem tlumícím rázy od dopadajícího materiálu na dopravní pás. Schéma průběhu zachycení sil od dopadu materiálu na impaktní dopadovou stolicí je na Obr. 23.

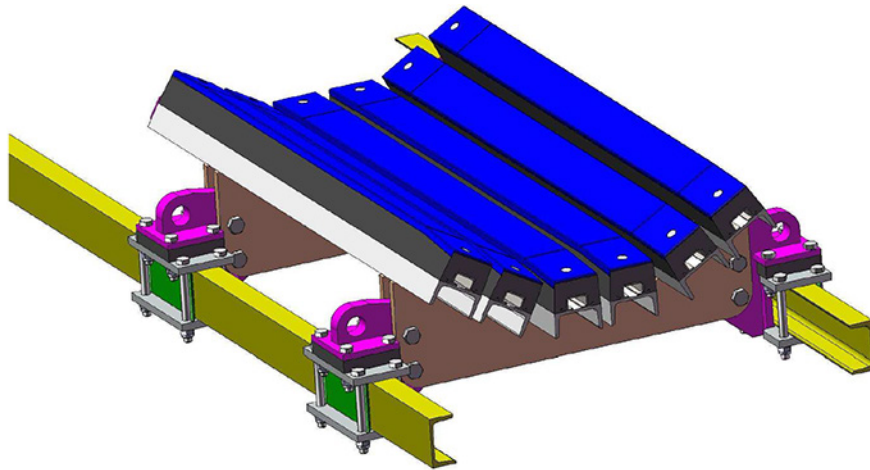


Obr. 23 - Průběh zachycení sil na dopadové stoličce [9]

Hlavní síla nárazu působí na dopravní pás, přes který se přenáší na impaktní tyče. Pryžová výplň impaktních tyčí absorbuje část energie od síly nárazu a postupně se deformuje. Při této deformaci již působí síla na nosné tyče a nosiče impaktního dopadu. Tato síla se během stlačování pryžové výplně zvětšuje. Maximální velikosti dosáhne v době, kdy pryžová výplň impaktních tyčí již není schopná další deformace. V závislosti na schopnosti pryžové výplně absorbovat náraz je velikost této síly úměrně menší, než jaká působila na dopravní pás. Další redukce této síly a tím menší rázové zatížení konstrukce dopravníku je zajištěno pryžovými podložkami mezi nosiči, popř. podle provedení obdobnou částí impaktní stoličky a konstrukcí dopravníku, které jsou doplněny talířovými pružinami.

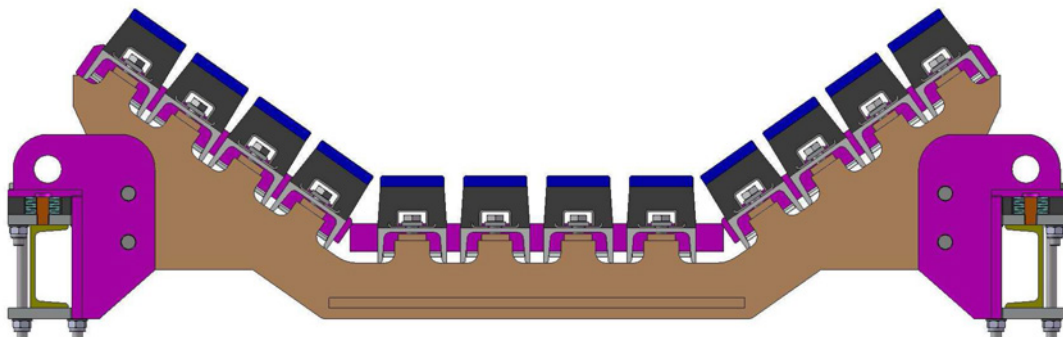
6.1 Způsob uchycení impaktní dopadové stolice na dopravníku

Příklady dodávaných impaktních stolic a jejich uchycení na dopravníku je možné najít například v dokumentu společnosti DvB-AF s.r.o. [10], ze kterého jsou následující dva obrázky. Jedná se o impaktní dopadové stolice s nosiči, které mají šroubované závěsy. Montáž na pásový dopravník je provedena bez zásahu do jeho původní konstrukce.



Obr. 24 - Dopadová stolice, provedení závěsů [10]

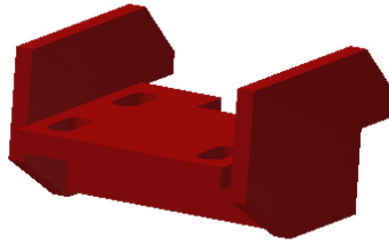
Závěs impaktní dopadové stolice, který je zobrazen v řezu, ukazuje vnitřní uspořádání sestavy talířových pružin s vodícím čepem. Závěs je přes tyto pružné prvky sešroubován s horní přírubou svorníku čtyřmi šrouby. Horní příruba je položena na rámu dopravníku a celý svorník je upevněn dalšími čtyřmi šrouby k dopravníku.



Obr. 25 - Dopadová stolice, řez zavěšením [10]

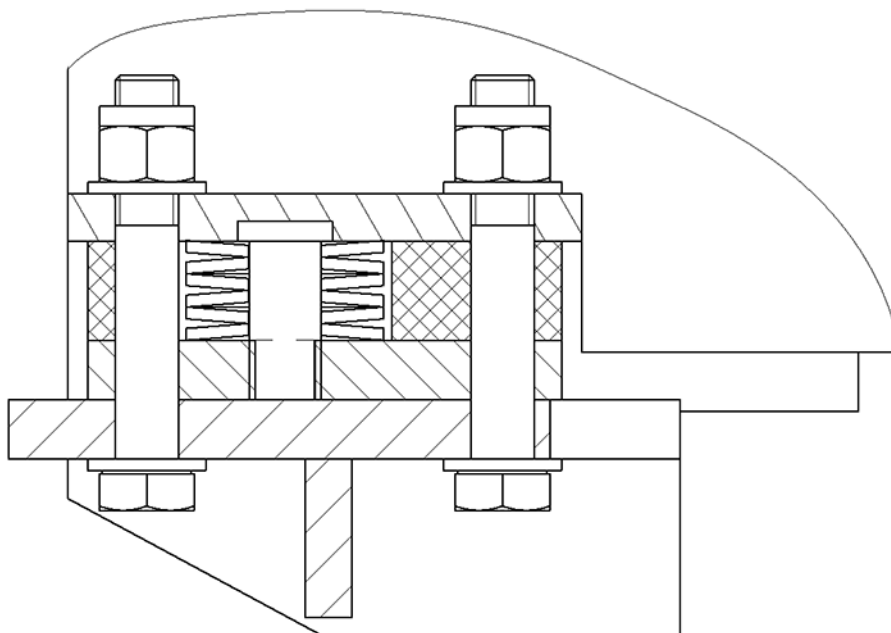
6.2 Závěs impaktní stolice

Vlastní uložení impaktní stolice na konstrukci dopadové stolice bude realizováno pomocí závěsů, které budou upevněny (naváženy) na původním rámu konstrukce předávacího pásu, ke kterému byly upevněny držáky dopadových válečků.



Obr. 26 - Závěs impaktní stolice

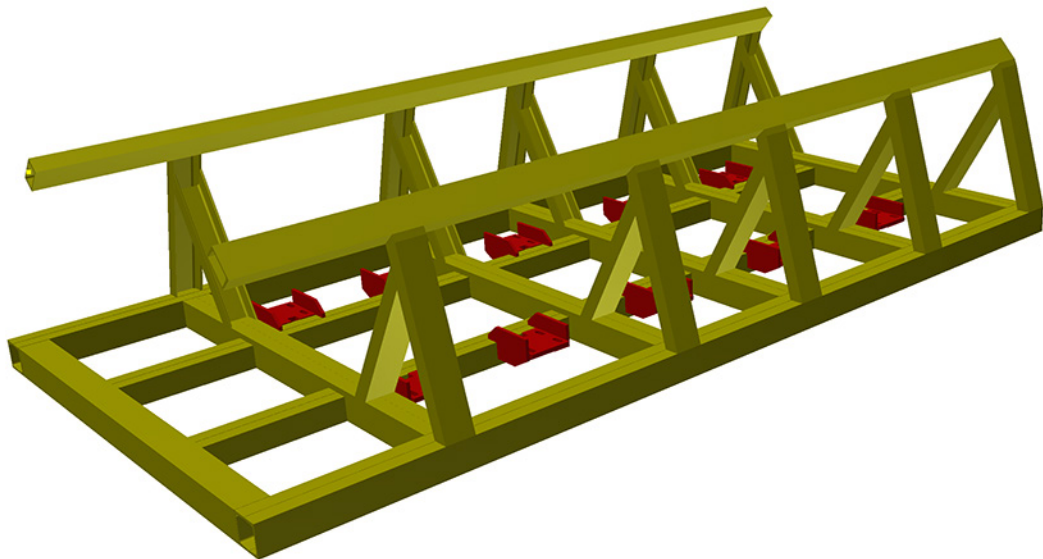
K dalšímu tlumení rázů, které by se mohly přenášet do ocelové konstrukce předávacího pásu, bude mezi závěsy a nosiči impaktních dopadů vložena sestava tlumících elementů. Mezi každým uložením tedy bude pryžová podložka o síle 25 *mm*, doplněná ve středu sestavou talířových pružin 50x18,4x3x4,2x1,2. U každého závěsu bude použito 6 ks těchto talířových pružin, které budou uloženy na vodícím čepu.



Obr. 27 - Detail tlumících prvků závěsu

6.3 Konstrukce dopravníku

Impaktní dopadová stolice nahradí stávající dopadové místo tvořené válečky. Montáž bude provedena na původní rám uvnitř konstrukce nakládacího výložníku. Sestava impaktního dopadu bude tvořena celkem pěti nosiči, které budou rozmístěny po celé délce. Jejich přesné umístění bude zohledňovat stávající příčné výztuhy na rámu dopadové stolice v konstrukci pásového dopravníku kolesového rypadlu KU 300. V místě umístění impaktní dopadové stolice budou odstraněny původní držáky válečků a tyto budou nahrazeny závěsy impaktní stolice. Z obou stran impaktní stolice budou zachovány nejbližší válečky, které zajistí, aby dopravní pás bez zatížení nebyl v kontaktu s povrchem impaktních tyčí.

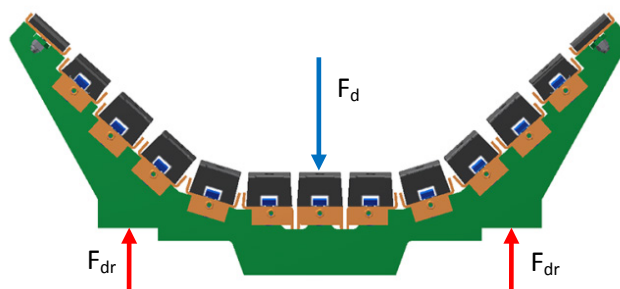


Obr. 28 - Rozmístění závěsů na stávajícím rámu

7 Základní výpočet uchycení impaktní tyče

7.1 Zatížení uchycení

Impaktní tyče s nosnými tyčemi jsou uchyceny na celkem pěti nosičích a každý z nich bude uložen pomocí přírub na dvou závěsech. Teoreticky lze zatížení od hmotnosti impaktní stolice rozdělit rovnoměrně do každého závěsu.



Obr. 29 - Schéma zatížení

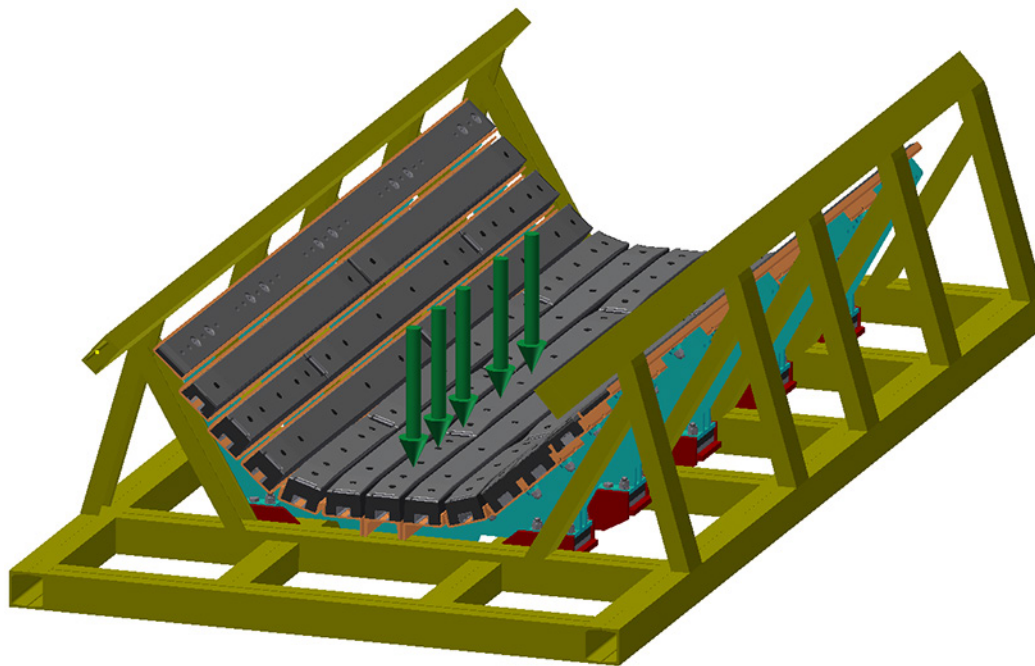
Rázovou sílu od dopadajícího materiálu není možné takto rovnoměrně rozdělit mezi jednotlivé nosiče a závěsy. Podle místa dopadu materiálu na impaktní stolicí se zatížení jednotlivých nosičů bude lišit. I přes poměrně velkou tuhost celé impaktní stolice bude nejvíce zatížený nosič pod místem dopadu.

7.2 Působíště zatěžovací síly

Podle různých provozních podmínek, například při rozdílné vzájemné poloze navazujících dopravníků, bude dopadat materiál na dopravní pás v rozsahu první poloviny impaktní dopadové stolice. V tomto prostoru jsem pro pevnostní analýzu postupně zvolil pět míst, kde působí dopadová síla.

Vybraná místa dopadu jsou:

- 1) v místě 1. nosiče, 225 mm od kraje impaktních tyčí
- 2) mezi 1. a 2. nosičem, 450 mm od kraje impaktních tyčí
- 3) v místě 2. nosiče, 650 mm od kraje impaktních tyčí
- 4) mezi 2. a 3. nosičem, 950 mm od kraje impaktních tyčí
- 5) v místě 3. nosiče, 1 200 mm od kraje impaktních tyčí



Obr. 30 - Působíště dopadové síly

7.3 Parametry pro pevnostní kontrolu

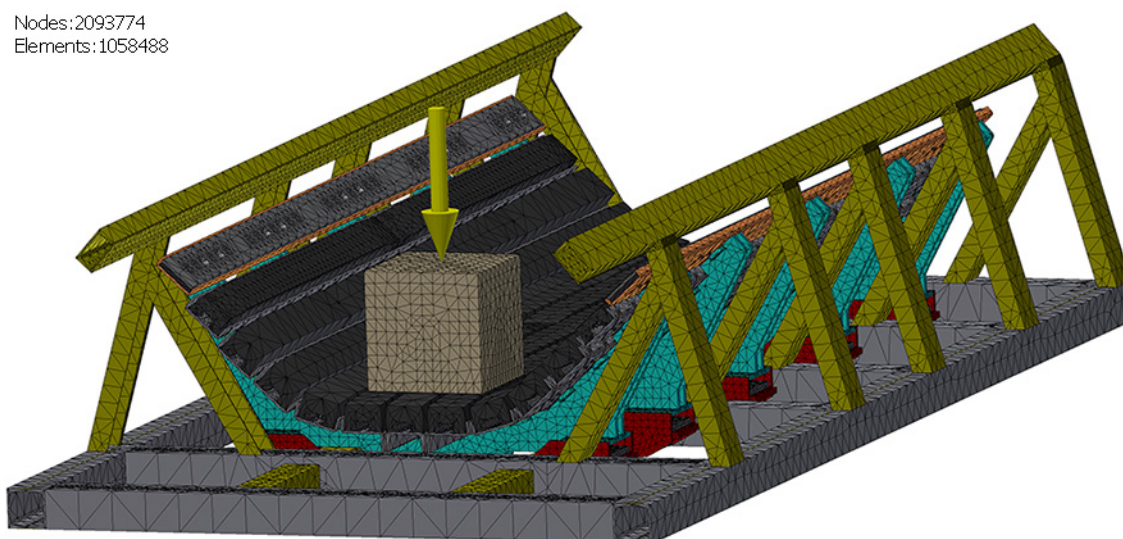
Pevnostní kontrolu jednotlivých částí impaktní stoličky jsem provedl v programu Autodesk Inventor 2014. I přes omezené možnosti tohoto programu, je možné zjistit průběhy zatížení jednotlivých částí impaktní dopadové stoličky a jejich vzájemné posunutí. Pevnostní analýza v programu Autodesk Inventor 2014 využívá metodu konečných prvků, tzv. MKP.

Pro pevnostní kontrolu bylo třeba zjednodušit některé části. Zjednodušeny byly impaktní tyče, téměř celá jejich vnitřní struktura, která obsahuje různé výztuhy, byla pro tento případ nahrazena jedním pryžovým tělesem. Impaktní tyče byly zahrnuty do testovaného modelu, protože vlastní konstrukcí ovlivňují celkovou tuhost nosných tyčí, na kterých jsou upevněny. Do zobrazených výsledků nebyly impaktní tyče zahrnuty, protože deformace pryžových částí již z principu převyšují deformace kovových dílů, a tyto deformace pak výrazně ovlivňují výsledné zobrazení. Výsledky průběhu napětí a deformací pryžových částí by nebylo možné považovat za vypovídající, protože některé materiály nelze v prostředí Autodesk Inventor simulovat. Mezi tyto materiály patří například dřevo nebo drtivá většina plastů.

Dalším zjednodušením bylo nahrazení všech šroubových spojů, tzv. vázanými dotyky mezi jednotlivými částmi. Jako pevné části byly zvoleny plochy rámu dopadové stolice, které jsou upevněny ke konstrukci nakládacího pásu, u kterých byla nastavena tzv. pevná vazba.

Zatěžující síla musí působit pouze v místě dopadu. Zatěžujícím elementem byla krychle o rozměrech $0,3\text{ m}$, prostřednictvím které byla zavedena působící síla od dopadajícího materiálu. Větší těleso by v tomto případě nemělo plošný kontakt s impaktními tyčemi. V reálném provozu bude ještě mezi dopadajícím tělesem a impaktní stolicí dopravní pás a vzhledem k deformaci dopadajícího tělesa při nárazu, kterým bude těžená skrývka, bude tato síla více rozdělena mezi jednotlivé impaktní tyče. Pro tuto analýzu je toto zatížení zjednodušeno a více soustředěno do středu impaktní stolice. Hmotnost samotné impaktní dopadové stolice byla zahrnuta volbou gravitačního zatížení v pevnostní analýze. Působící síla byla zjištěna v kapitole 5.2, a její hodnota $F = 16\,835\text{ N}$, Pro analýzu byla zaokrouhlena tato hodnota na $F = 17\text{ kN}$.

Rozložení sítě pro pevnostní výpočty bylo vytvořeno automaticky a výsledkem bylo rozdělení modelu na 1 058 488 samostatných částí s 2 093 774 uzly, pro které byly počítány výsledky pevnostní analýzy MKP.



Obr. 31 - Zobrazení sítě pro MKP

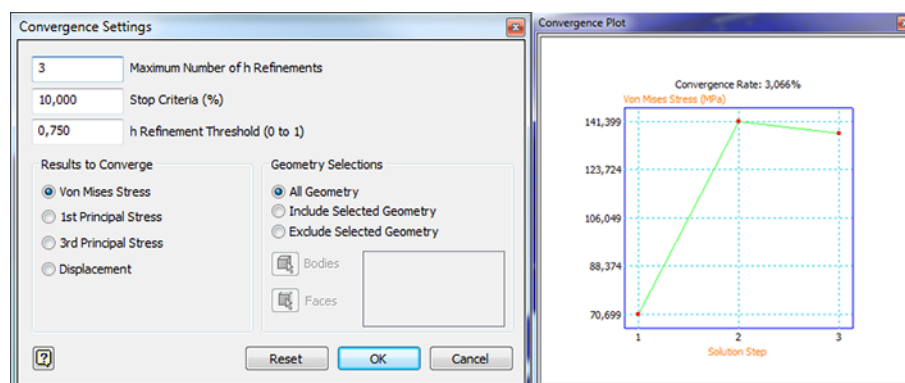
7.4 Základní výsledky pevnostní kontroly

Po provedení pevnostní kontroly pro každé působíště síly, tak jak byly uvedeny v kapitole 7.2, se ukázalo, že k největšímu zatížení a k největším deformacím částí impaktní stolice dochází při působení síly v prostoru umístění prvního nosiče, jedná se tedy o variantu označenou č. 1. Dále jsem se zaměřil na tuto variantu, pro kterou jsou zde uvedeny výsledky jednotlivých částí impaktní dopadové stolice.

7.5 Grafické zobrazení výsledků pevnostní analýzy

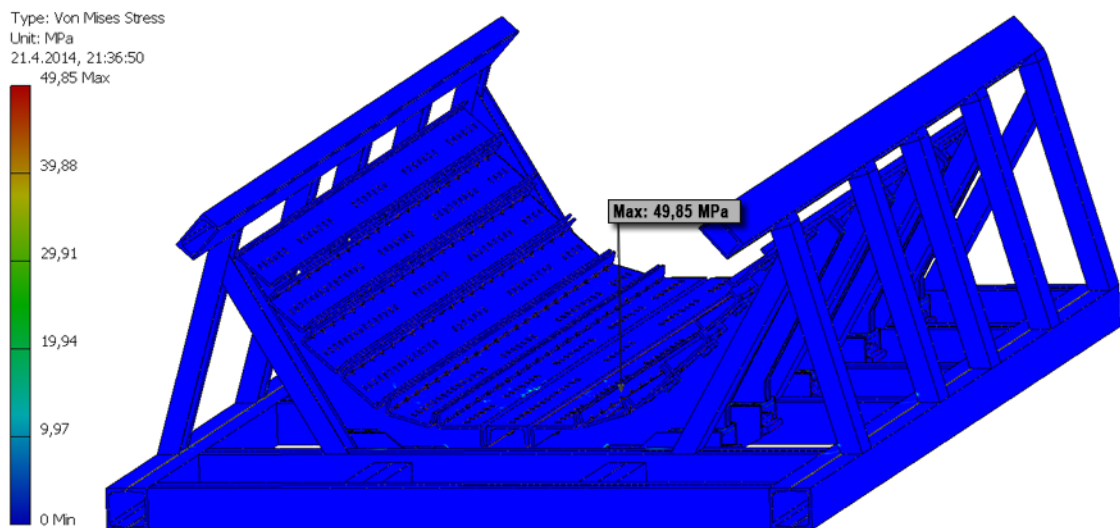
Výstupem pevnostní analýzy programu Autodesk Inventor 2014 je barevné zobrazení stavu napětí, posunutí nebo součinitele bezpečnosti na posuzovaném modelu, s možností automatického vyhledání míst s minimální nebo maximální hodnotou. Na levé straně je barevná stupnice, která ukazuje přiřazení jednotlivých barevných odstínů ke konkrétní hodnotě ve výsledném zobrazení.

Pro vyšší přesnost výsledků byla nastavena tzv. konvergence výpočtů, což znamená zpřesňování výpočtů v několika krocích. Každý další krok výpočtu je prováděn vždy s ohledem na výsledky zjištěné v předchozím kroku, až do požadované přesnosti. Počet opakovaných kroků výpočtu byl nastaven na hodnotu 3 a kritérium pro případné dřívější zastavení výpočtů bylo nastaveno na 10%. Výsledek analýzy byl proveden v celkem 3 krocích s odchylkou mezi posledními výpočty 3%. Pevnostní analýza v programu Autodesk Inventor využívá pevnostní hypotézu HMM (Huber, von Mises, Hencky).



Obr. 32 - Nastavení a průběh konvergence

7.5.1 Celkový pohled - napětí

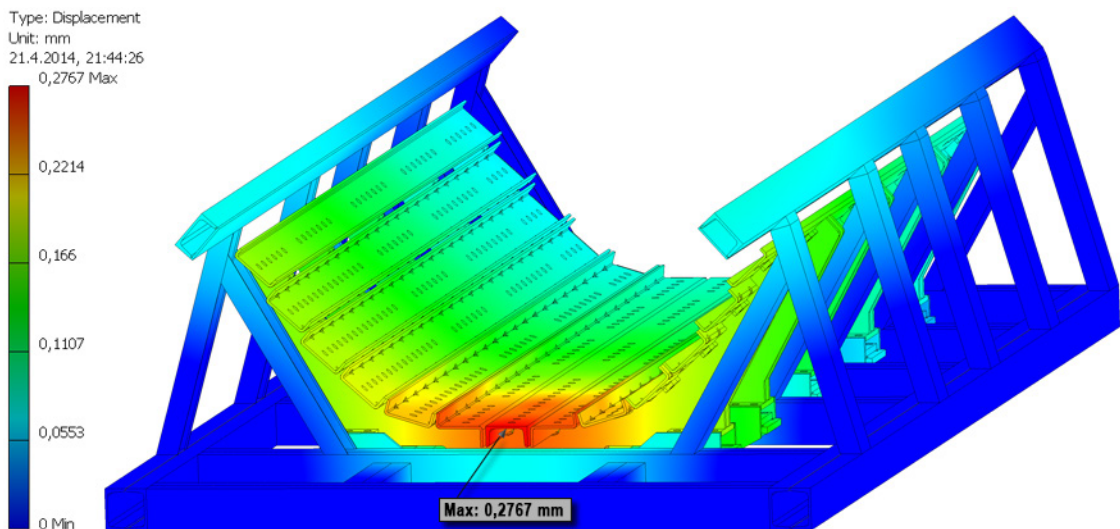


Obr. 33 - Grafické zobrazení průběhu napětí

Zobrazený výsledek ukazuje průběh (výskyt) napětí v celé konstrukci impaktního dopadu. Maximální napětí se nachází na nosné tyči impaktní tyče a má hodnotu:

$$\sigma = 49,85 \text{ MPa}$$

7.5.2 Celkový pohled - deformace



Obr. 34 - Grafické zobrazení průběhu posunutí

Zobrazený výsledek deformace (posunutí) zobrazuje průběhy deformace impaktní dopadové stolice. Místa s největší deformací se nachází na středních nosných tyčích a nepřekročí hodnotu 0,3 mm.

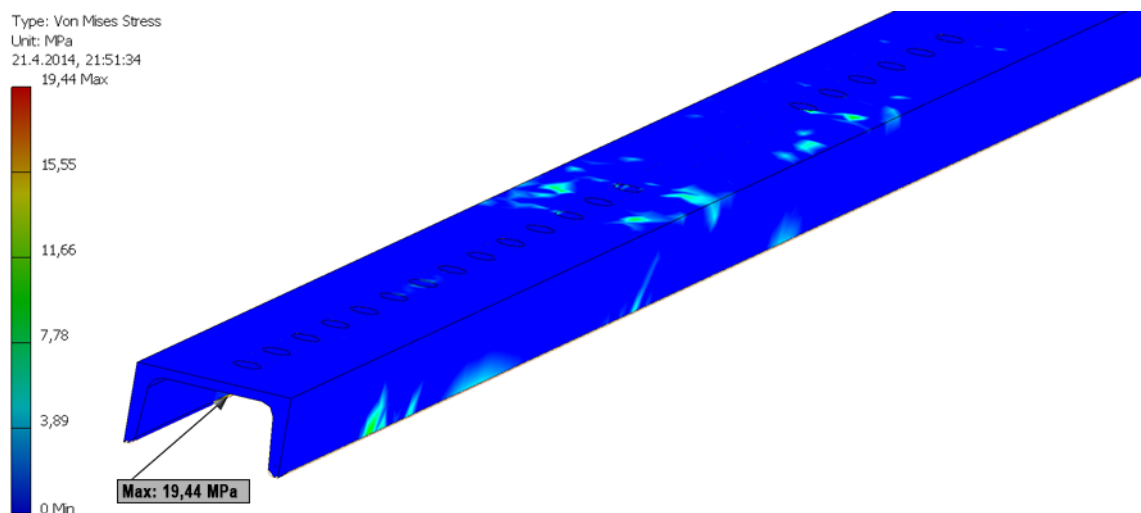
7.6 Grafické zobrazení výsledků pevnostní analýzy pro nejvíce namáhané části

Celkový pohled na výsledky pevnostní analýzy, tak jak je na Obr. 33 nenaznačuje, jak jsou zatížené jednotlivé části dopadové stolice, proto tyto části jsou postupně vyjmuty z celkového modelu a jejich výsledky jsou zobrazeny zvlášť.

7.6.1 Nosné tyče

Při pevnostní analýze byly přímo zatěžovány tři impaktní tyče, které jsou upevněny na příslušných nosných tyčích. Obr. 35 zobrazuje střední nosnou tyč a na ní maximální napětí s hodnotou:

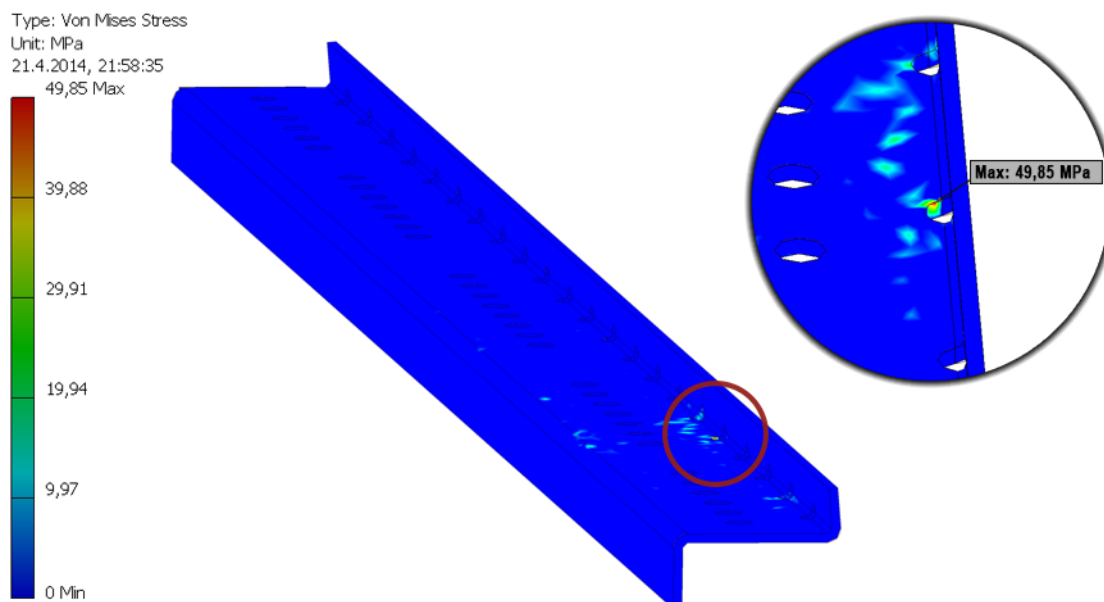
$$\sigma = 19,44 \text{ MPa}$$



Obr. 35 - Střední nosná tyč, průběh napětí

Největší napětí bylo zjištěno v pravé nosné tyči. Protože bylo zatížení umístěno symetricky podle osy dopadového místa, obdobný stav se projevuje na levé nosné tyči. Hodnota tohoto napětí má hodnotu:

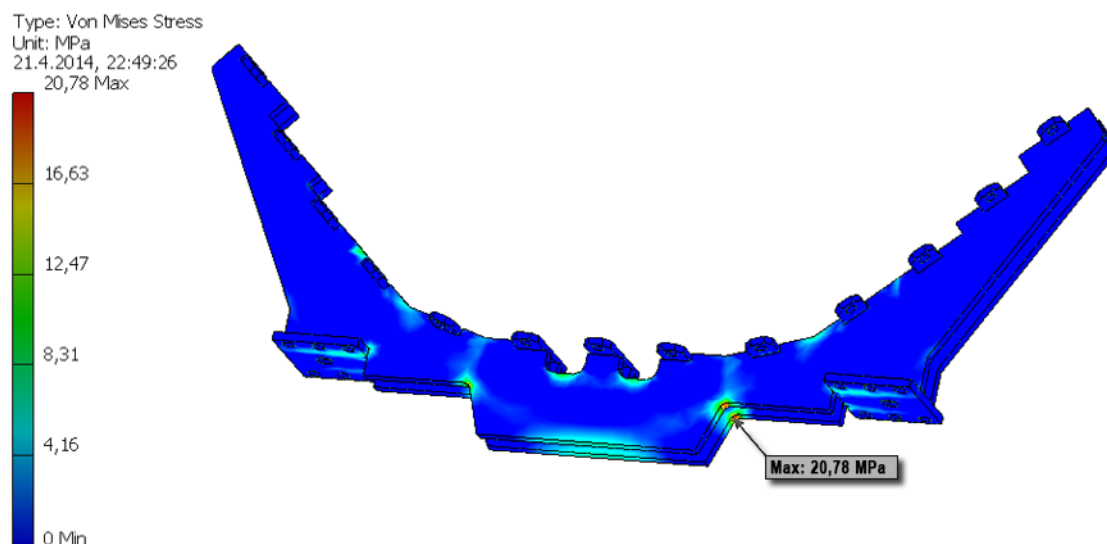
$$\sigma = 49,85 \text{ MPa}$$



Obr. 36 - Nosná tyč (pravá), průběh napětí

7.6.2 Nosič impaktních tyčí

Při zatížení podle varianty č. 1 je nejvíce namáhaný první nosič. Tento nosič se nachází v místě působení zatěžující síly.

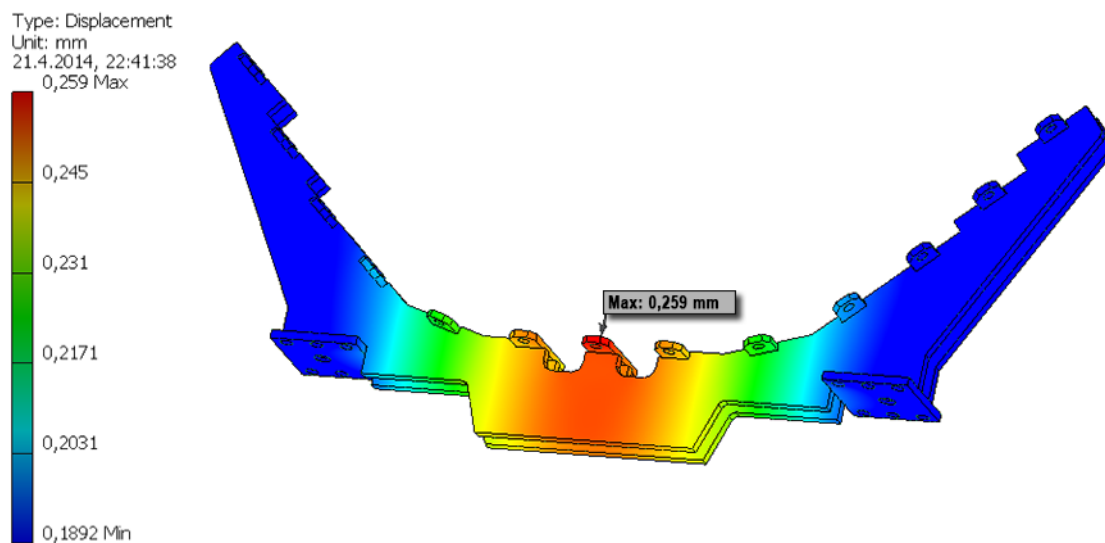


Obr. 37 - Nosič impaktních tyčí, průběh napětí

Nejvíce namáhaná místa se nacházejí ve spodní části v zaoblení, které přechází ve střední část. Poloměr tohoto zaoblení je 10 mm. Napětí v tomto místě je:

$$\sigma = 20,78 \text{ MPa}$$

Na Obr. 38 je zobrazen průběh posunutí, které činí 0,26 mm.

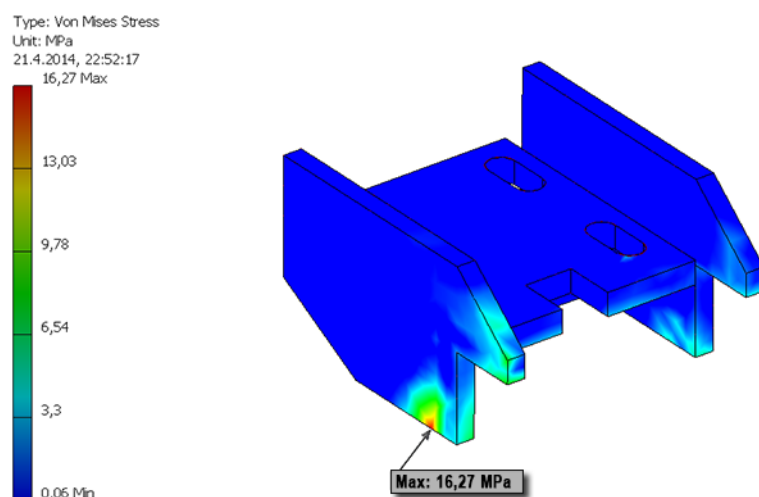


Obr. 38 - Nosič impaktních tyčí, průběh posunutí

7.6.3 Závěs dopadové stolice

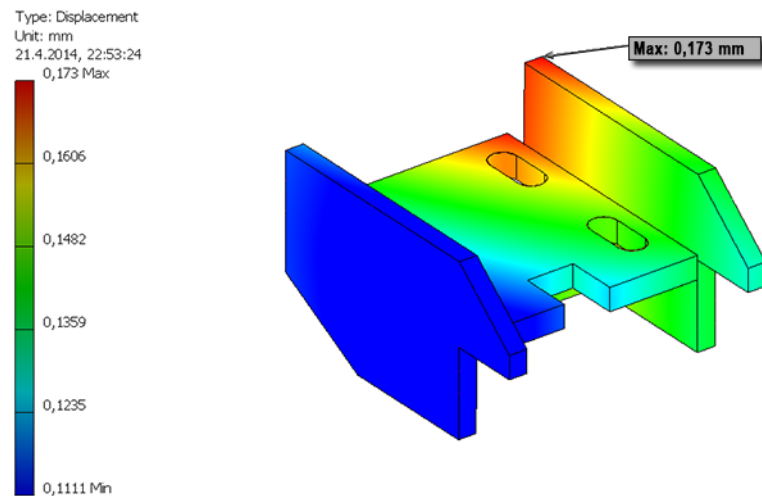
Závěsy dopadové stolice jsou přivařeny na původní konstrukci rámu dopadové stolice a přenášejí zatížení dopadové stolice na původní rám. Maximální napětí v závěsu je:

$$\sigma = 16,27 \text{ MPa}$$

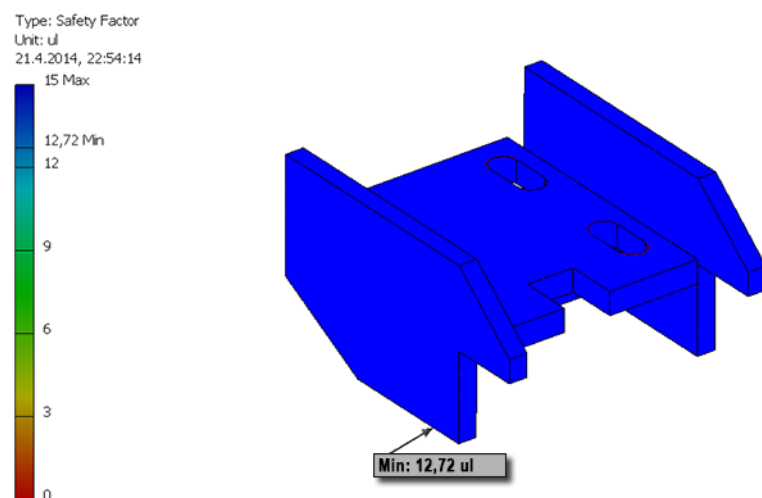


Obr. 39 - Závěs dopadové stolice, průběh napětí

Další obrázky zobrazují výsledky průběhu posunutí a součinitele bezpečnosti.



Obr. 40 - Závěs dopadové stoličky, průběh posunutí



Obr. 41 - Závěs dopadové stoličky, součinitel bezpečnosti

7.7 Vyhodnocení pevnostní kontroly

Impaktní dopadová stolička bude při provozu zatěžována dynamicky, to znamená, že k možnému poruše, k tzv. únavovému lomu, v důsledku tohoto dynamického zatěžování může dojít při napětí mnohem nižším, než je dáno statickou pevností materiálu.

Dynamický charakter zatížení jednotlivých částí impaktní stoličky je možné posuzovat jako zatížení kmitavé. Zatížení se mění a pohybuje se od nuly, resp. jen od hmotnosti vlastních částí dopadové stoličky, do maximálního zatížení dopadajícím materiálem.

V závislosti na konkrétní části je tedy charakter zatížení míjivý nebo pulsující. Výskyt tohoto zatížení je náhodný.

7.7.1 Mez únavy

Pro vyhodnocení pevnostní kontroly se používá tzv. základní mez únavy σ_c , která je závislá převážně na pevnosti materiálu R_m . Pro ocel platí vzorec:

$$\sigma_c = 0,619 \cdot R_m^{0,9299} [MPa] \quad (7.1)$$

Základní meze únavy pro použité části jsou:

Nosič, nosné tyče (II 375)

$$R_m = 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = 0,619 \cdot 360^{0,9299} = 148 \text{ MPa}$$

Závěs (II 523)

$$R_m = 520 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = 0,619 \cdot 520^{0,9299} = 208 \text{ MPa}$$

7.7.2 Určení součinitele bezpečnosti

Stavy únavové bezpečnosti jsou považovány za mezní stavy. Pro tento účel je vhodné vycházet z toho, že tato pevnostní kontrola je jen informativní, a tak volit bezpečnost raději vyšší. Uvádí se, že pro konstrukce, u kterých nejsou známy dostatečné informace o konstrukci, nebo o jejím zatížení, se volí tento součinitel $k_c = 4 \div 5$.

$$k_c = \frac{\sigma_c}{\sigma} [-] \quad (7.2)$$

Součinitele bezpečnosti pro jednotlivé části jsou:

Nosná tyč - střední

$$\sigma_c = 148 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 19,44 \text{ MPa}$$

$$k_c = \frac{148}{19,44} = \underline{\underline{7,6}}$$

Výsledný součinitel bezpečnosti má vyhovující hodnotu.

Nosná tyč - pravá, levá

$$\sigma_c = 148 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 49,85 \text{ MPa}$$

$$k_c = \frac{148}{49,85} = \underline{\underline{2,97}}$$

Výsledný součinitel bezpečnosti je nižší, než je doporučená hodnota. Tato součást by nemusela být dostatečně dimenzována pro plánované dynamické zatížení.

Nosič

$$\sigma_c = 148 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 20,78 \text{ MPa}$$

$$k_c = \frac{148}{20,78} = \underline{\underline{7,1}}$$

Výsledný součinitel bezpečnosti má vyhovující hodnotu.

Závěs

$$\sigma_c = 208 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 16,27 \text{ MPa}$$

$$k_c = \frac{208}{16,27} = \underline{\underline{12,8}}$$

Výsledný součinitel bezpečnosti má vyhovující hodnotu, a odpovídá zobrazené hodnotě na Obr. 41.

7.7.3 Vyhodnocení výsledků

Výsledky pevnostní kontroly a z ní vypočtené součinitele bezpečnosti, ukazují, že součásti navrhované impaktní dopadové stoly jsou vyhovující pro použití v dopadovém místě nakládacího pásu na kolesovém velkstroji KU 300. Nejnížší součinitel bezpečnosti byl zjištěn u nosných tyčí impaktních dopadů a jeho velikost je $k_c = 2,97$. I když je tato hodnota o něco nižší, než je doporučené rozmezí, viz odstavec 7.7.2, vzhledem k tomu, že pro zatěžovací sílu bylo uvažováno s nejnepriznivějšími hodnotami, je možné i tuto hodnotu součinitele bezpečnosti považovat za vyhovující.

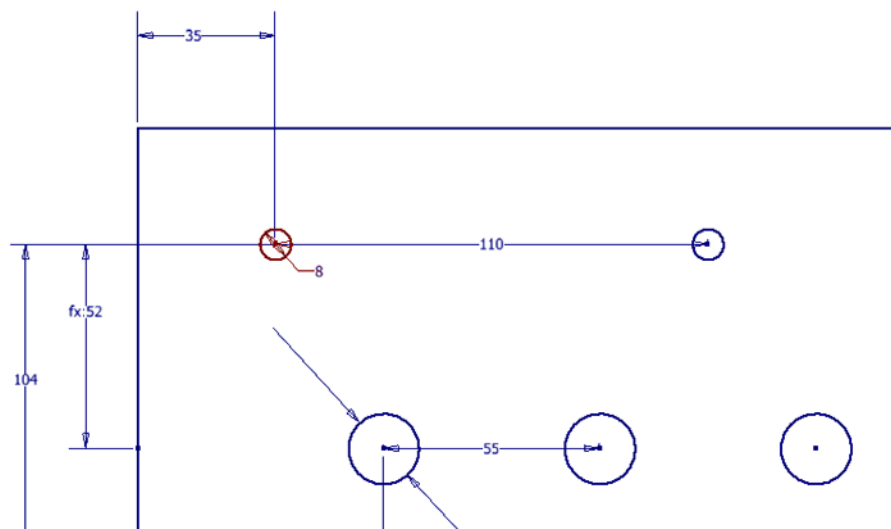
Uchycení impaktních tyčí a celého dopadu na konstrukci nakládacího výložníku je na deseti závěsech, a výsledky pevnostní kontroly ukazují, že jejich konstrukce a upevnění na rámu dopadového místa je vyhovující.

8 Návrh úprav impaktní dopadové stolice

Pro zvýšení životnosti impaktní dopadové stolice, zejména s ohledem na její dynamické zatížení, navrhuji upravit některé díly, na základě výsledků grafického zobrazení pevnostní kontroly jednotlivých částí.

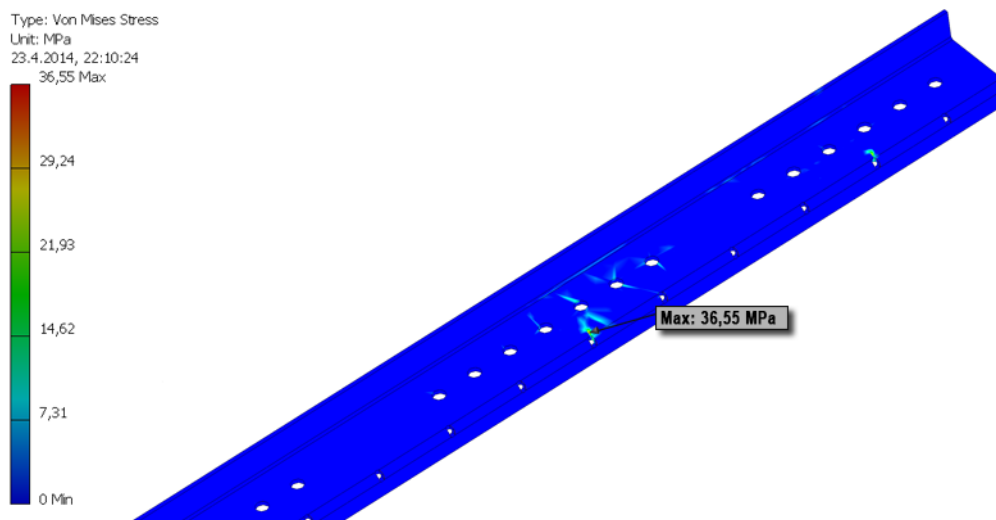
8.1 Nosné tyče

Nejkritičtější místem nosných tyčí se ukázaly otvory v místě ohybu profilu. Nosné tyče se zpravidla vyrábí z tažného U profilu, a jejich montáž se provádí otevřeným profilem směrem dolů. V případě dopadové stolice pro kolesové rypadlo KU 300 je stejným způsobem vyrobena a montována nosná tyč pro střední impaktní tyče. Z prostorových důvodů, ale není možné použít stejný typ nosné tyče v dalších pozicích. Aby mohl být zachován původní profil pásového dopravníku, a zároveň použit původní rám dopadové stolice, bylo třeba tyto nosné tyče přizpůsobit. V tomto návrhu jsou použity celkem tři typy nosných tyčí a u spodních (mimo střední tyče) je ještě rozdělení pro pravou a levou stranu. Vyrobeny jsou z ocelového plechu o síle 6 mm, a pro zvětšení jejich tuhosti jsou podélně ohýbány do potřebného profilu. V ose tohoto ohybu jsou umístěny otvory o průměru 18 mm, které mají zajišťovat odvod vody. Ze zkušeností z podobných provozů lze opodstatnění těchto otvorů považovat minimálně za diskutabilní. Prostředí pásových dopravníků v povrchových dolech patří mezi prašné, a lze tedy předpokládat, že případné mezery mezi jednotlivými částmi impaktní dopadové stolice se v krátké době zaplní drobnějšími kusy a prachovými částicemi, jak je vidět v případě stávajícího dopadového místa na Obr. 9.



Obr. 42 - Nosná tyč (část nákresu)

Navrhuji tyto otvory úplně odstranit, nebo případně zmenšit. Například při zmenšení jejich velikosti na 8 mm, je maximální napětí v nosné tyči $\sigma = 36,55 \text{ MPa}$.



Obr. 43 - Nosná tyč (pravá), upravená

Součinitel bezpečnosti při modifikaci nosné tyče:

$$\sigma_c = 148 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 36,55 \text{ MPa}$$

$$k_c = \frac{148}{36,55} = \underline{\underline{4,05}}$$

Tato hodnota součinitele bezpečnosti se nachází v doporučeném rozmezí.

8.2 Ostatní části

Úprava ostatních dílů impaktní dopadové stolice není nutná. Pro uvažované použití na nakládacím pásu kolesového velkstroje KU 300 jsou tyto díly dostačující.

9 Závěr

V úvodu diplomové práce je proveden přehled řešení přesypů na kolesových rýpadlech používaných ve společnosti Severočeské doly a.s. Ve všech případech jsou dopadová místa provedena standardním způsobem, za pomoci dopadových válečků. Ve většině případů se jedná o válečky spojené do tříválečkových nebo pětiválečkových girland, které jsou na svých koncích zavěšeny přes nějaký tlumicí prvek, a v ostatních případech jsou použity samostatné válečky. Výjimečně se jedná o kombinaci obou těchto způsobů provedení dopadového místa.

Hlavní náplní diplomové práce je konstrukční návrh přesypu na kolesovém velkstroji, zejména jeho dopadového místa. Při dopravě materiálu v povrchových dolech, dochází často k opotřebování a poškozování gumového dopravního pásu působením materiálu zejména na přesypových místech. Tyto závady je třeba včas odstraňovat, a tím vznikají velké provozní náklady na výměny dopravních pásů i na jejich opravy. Dalším důsledkem jsou velké prostoje zařízení a tím i nemožnost provozu dobývacích velkstrojů, což vede ke ztrátám na těžbě. V roce 2013 je v informačním systému ISTC¹ u prostojů v celkovém objemu více než 2 000 h evidována jako jejich příčina gumové dopravní pásma. Z toho je 400 h způsobeno přímo opravami průrazů. V celkovém poměru se zdá, že průrazy nejsou hlavní příčinou. V mnoha případech se ale jednotlivé průrazy neopravují, protože to již není možné a dochází k výměnám úseků dopravního pásu a příčiny těchto výměn se v ISTC neevidují. Ve stejném roce byly evidovány provozní náklady na spotřebu gumového pásma téměř ve výši 300 mil.Kč.

Jedním z možných způsobů omezení poškozování dopravních pásů je změna konstrukčního řešení dopadového místa. Pro tento návrh byla zvolena konstrukce dopadového místa s použitím impaktních tyčí. Takové řešení dopadových míst nabízí například společnost DvB-AF s.r.o., a právě impaktní tyče od této společnosti byly použity při návrhu dopadového místa na velkstroji KU 300.

Na základě uváděné výkonnosti kolesového velkstroje KU 300, bylo určeno zatížení, kterému bude vystavena navrhovaná dopadová stolice.

Uchycení dopadové stolice bude využívat stávajícího rámu v konstrukci nakládacího výložníku s minimálními úpravami. Úpravy spočívají v odstranění stávajících držáků

¹ ISTC – Informační systém technologických celků je interní databázový systém na evidenci provozních stavů, důvodů prostojů nebo i jiných prováděných činností při těžbě, opravách a údržbě provozovaných zařízení ve společnosti SD a.s.

válečků v místech, kde tyto válečky budou nahrazeny novou dopadovou stolicí. Na stávající rám budou přivařeny závěsy, na které bude připevněna impaktní dopadová stolička.

Kontrola uchycení impaktních tyčí, resp. celého impaktního dopadu byla provedena simulací zatížení v programu Autodesk Inventor 2014. Grafické zobrazení výsledků pevnostní kontroly poukázalo na některá kritická místa na původně navržených nosných tyčích, na kterých byly následně provedeny úpravy. Ostatní části dopadové stolice svou konstrukcí vyhovují požadovanému použití.

Pevnostní kontrolu jsem původně provedl v programu Autodesk Inventor 2011, ale i přes zjednodušení konstrukce dopadové stolice, nebylo možné provést žádné zpřesnění (konvergenční) výsledků z důvodu dosažení limitů použitého programu. Převod modelu dopadové stolice a její pevnostní kontrola v programu Autodesk Inventor 2014 proběhla v pořádku. Výsledky obou programů se dost podstatně navzájem odlišovaly i přesto, že nastavení parametrů pro tuto kontrolu bylo totožné. Možným vysvětlením může být právě hranice možností programu Autodesk Inventor 2011 a tedy nemožnost provést další zpřesnění na již provedeném výpočtu, a také pokročilejší možnosti pevnostní analýzy programu Autodesk Inventor 2014. Z těchto důvodů jsem se nakonec přiklonil k výsledkům novější verze programu.

Přílohou této práce je výkres držáku (závěsu) impaktních dopadů a sestava celé impaktní dopadové stolice.

Seznam použité literatury

- [1] CHLEBNÝ, Luděk. *Konstrukční návrh válečku pro dálkovou pásovou dopravu*. Ostrava, 2012. 58 s. Bakalářská práce. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování. Vedoucí práce prof. Ing. Horst Gondek, DrSc.
- [2] CHLEBNÝ, Luděk a Petr KOLOUŠEK. SEVEROČESKÉ DOLY A.S. *Katalog strojů a zařízení*. Chomutov, 2013, 28 s.
- [3] VÍTKOVICE - PRODECO, a.s. *Předpis pro provoz a údržbu: Kolesové rýpadlo SchRs 1550/4 x 30*. Teplice, 2011.
- [4] PRODECO, a.s. *Technická a provozní dokumentace: Kolesové rýpadlo SchRs 1320/4 x 30, díl 2*. Teplice, 2005.
- [5] BOHÁČ, Leo. DVB-AF S.R.O. *Návod k použití: Přesypová stolice B 1200 mm 0968-000-000*. Opava, 2010, 18 s.
- [6] KLIMECKÝ, Oldřich, Helena VEVERKOVÁ, Karel BAILOTTI a Jaroslav MÜLLER. *Manipulace s materiálem: doprava v lomech*. 1. vydání. Ostrava: Ediční středisko VŠB-TUO, 1988, 320 s.
- [7] POLÁK, Jaromír, Aleš SLÍVA a Jiří PAVLISKA. VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, Fakulta strojní. *Dopravní a manipulační zařízení I.: I*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2001, 99 s. ISBN 80-248-0043-8.
- [8] Dopadová stolice. *DvB-AF s.r.o.* [online]. 2010 [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.flexco.cz/pdf/stolice.pdf>
- [9] BOHÁČ, Leo. Typy dopadových stolic. *DvB-AF s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.flexco.cz/pdf/stolicetypy.pdf>

Seznam obrázků

Obr. 1 - KU 800, štít předávacího pásu [foto: autor]	12
Obr. 2 - Řez dopadovým místem na předním pásu KU 800	14
Obr. 3 - KU 800, přesyp z předního pásu na zadní pás [foto: autor]	15
Obr. 4 - Detail závěsu dopadové girlandy na předávacím pásu	16
Obr. 5 - Girlandová dopadová stolice 3-23384-18604/00	17
Obr. 6 - Profil dopadového místa na kolesovém výložníku rypadla KK 1300	20
Obr. 7 - SchRs 1320 odrazové bubny [4]	26
Obr. 8 - KU 300, konstrukce dopadu předávacího pásu	30
Obr. 9 - KU 300, stávající provedení dopadového místa [foto: autor]	33
Obr. 10 - DvB-AF Impaktní stolice [5]	33
Obr. 11 - Impaktní tyč DvB 0991-001-000 [5]	34
Obr. 12 - Impaktní tyč DvB 0991-019-000 (vnitřní uspořádání výztuh)	35
Obr. 13 - Impaktní tyč DvB 0991-019-000 (přidržovací výztuha)	35
Obr. 14 - Impaktní tyče s nosnou tyčí	36
Obr. 15 - Spodní nosič (DPD 2 200 mm)	36
Obr. 16 - Boční nosič (DPD 2 200 mm)	36
Obr. 17 - Sestavení dělených nosičů (DPD 2 200 mm)	36
Obr. 18 - Nosič impaktních tyčí	37
Obr. 19 - Profil sestavy impaktní stolice	37
Obr. 20 - Rozmístění nosičů a celková sestava impaktního dopadu	38
Obr. 21 - Složky rychlosti při pádu tělesa a jeho dopadu	40
Obr. 22 - Záznam průběhu rázových sil při pádu na girlandovou stolicí [6]	42
Obr. 23 - Průběh zachycení sil na dopadové stolicí [9]	45
Obr. 24 - Dopadová stolice, provedení závěsů [10]	46
Obr. 25 - Dopadová stolice, řez zavěšením [10]	46
Obr. 26 - Závěs impaktní stolice	47
Obr. 27 - Detail tlumících prvků závěsu	47
Obr. 28 - Rozmístění závěsů na stávajícím rámu	48
Obr. 29 - Schéma zatížení	49
Obr. 30 - Působíště dopadové síly	50
Obr. 31 - Zobrazení sítě pro MKP	51
Obr. 32 - Nastavení a průběh konvergence	52
Obr. 33 - Grafické zobrazení průběhu napětí	53

Obr. 34 - Grafické zobrazení průběhu posunutí	53
Obr. 35 - Střední nosná tyč, průběh napětí	54
Obr. 36 - Nosná tyč (pravá), průběh napětí	55
Obr. 37 - Nosič impaktních tyčí, průběh napětí.....	55
Obr. 38 - Nosič impaktních tyčí, průběh posunutí.....	56
Obr. 39 - Závěs dopadové stoličky, průběh napětí	56
Obr. 40 - Závěs dopadové stoličky, průběh posunutí	57
Obr. 41 - Závěs dopadové stoličky, součinitel bezpečnosti.....	57
Obr. 42 - Nosná tyč (část nákresu)	61
Obr. 43 - Nosná tyč (pravá), upravená.....	62

Seznam použitých programů

- [10] Autodesk Inventor Professional 2011
- [11] Autodesk Inventor Professional 2014

Seznam příloh

Příloha A: DP-CHL0028-02-00, výkres závěsu impaktního dopadu

Příloha B: DP-CHL0028-00-00, sestavný výkres impaktní dopadové stoly

Příloha C: CD obsahující text diplomové práce, výkresy a poster

Poděkování

Tímto děkuji prof. Ing. Horstu Gondekovi, DrSc., který mi jako vedoucí mé diplomové práce poskytl cenné odborné rady a podněty, které jsem využil při vypracování této práce.

Děkuji panu Ing. Leo Boháčovi ze společnosti DvB-AF s.r.o. za informace o nových způsobech řešení dopadových míst a jejich konstrukčních částech.